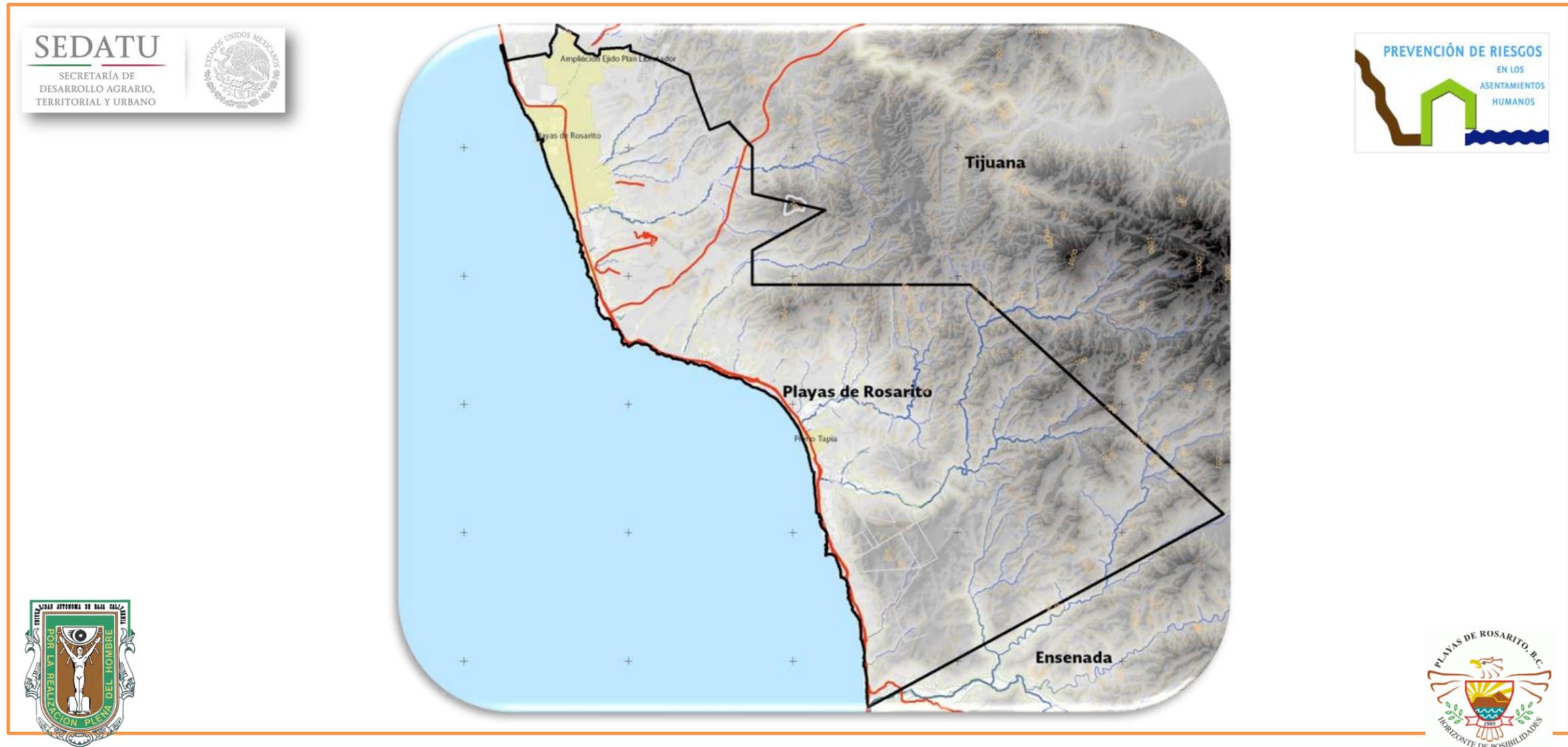


Atlas de Riesgos Naturales del municipio de Playas de Rosarito, 2015





ÍNDICE

CAPÍTULO I. Introducción y Antecedentes	13
1.1. Introducción.....	13
1.2. Antecedentes.....	14
1.3. Objetivo	19
CAPÍTULO II. Determinación de niveles de análisis y escalas de representación cartográfica.....	20
CAPÍTULO III. Caracterización de los elementos del medio natural	27
3.1. Fisiografía.....	27
3.1.1. Provincias	27
3.1.2. Subprovincias	27
3.2. Geomorfología.....	29
3.2.1. Morfología del terreno	30
3.2.2. Pendiente	31
3.2.3. Disección vertical	31
3.3. Geología.....	35
3.3.1. Tipo de roca	35
3.3.2. Fallas y fracturas	36
3.3.3. Minas.....	37
3.4. Edafología	39
3.5. Hidrología superficial.....	42
3.5.1. Corrientes.....	42
3.6. Cuencas y Sub-cuencas.....	44



3.6.1. Regiones hidrológicas	44
3.6.2. Cuencas	44
3.6.3. Acuíferos	44
3.6.4. Escurrimiento	45
3.6.5. Unidades geohidrológicas.....	45
3.7. Clima	49
3.7.1. Precipitación	49
3.7.2. Temperatura	50
3.7.3. Vientos	51
3.8. Uso de suelo y vegetación	54
3.8.1. Uso de suelo.....	54
3.8.2. Vegetación	54
3.9. Áreas Naturales Protegidas	58
CAPÍTULO IV. Caracterización de los elementos sociales, económicos y demográficos	60
4.1. Elementos demográficos	61
4.1.1. Población.....	61
4.1.2. Densidad de población.....	61
4.1.3. Distribución de la población	64
4.1.4. Dinámica demográfica	66
4.1.5. Proyección de la población al 2030	66
4.1.6. Pirámide de edades	69
4.1.7. Mortalidad	69
4.2. Características sociales	70





4.2.1. Escolaridad	70
4.2.2. Población con discapacidad	71
4.2.3. Vivienda.....	75
4.2.4. Lengua indígena	76
4.2.5. Pobreza	77
4.2.6. Hacinamiento.....	77
4.2.7. Marginación	80
4.3. Equipamiento urbano	86
4.3.1. Educativo.....	86
4.3.2. Administración pública	86
4.3.3. Asistencia social	86
4.3.4. Salud.....	86
4.3.5. Cultura, recreación y deporte	86
4.3.6. Servicios de comunicación	87
4.3.7. Servicios urbanos	87
4.3.8. Servicios públicos	87
4.3.9. Funerarias y cementerios.....	88
4.3.10. Vías y medios de comunicación	88
4.4. Principales actividades económicas	92
4.5. Población económicamente activa.....	92
4.6. Reserva Territorial	93
4.6.1. Zona metropolitana	96
CAPÍTULO V. Identificación de peligro, vulnerabilidad y riesgo ante fenómenos perturbadores de origen natural.....	98





5.1. Fenómenos Geológicos	98
5.1.1. Vulcanismo.....	98
5.1.2. Sismos	105
5.1.3. Tsunamis	144
5.1.4. Inestabilidad de laderas.....	157
5.1.5. Hundimientos.....	206
5.1.6. Subsistencia	209
5.1.7. Agrietamientos.....	210
5.1.8. Fallas y fracturas	210
5.2. Fenómenos Hidrometeorológicos.....	215
5.2.1. Temperaturas máximas extremas y mínimas extremas.....	215
5.2.2. Sequías	225
5.2.3. Heladas.....	239
5.2.4. Tormentas de Granizo.....	243
5.2.5. Tormentas de Nieve.....	245
5.2.1. Ciclones Tropicales.....	246
5.2.2. Tornados	249
5.2.3. Tormentas de Polvo	251
5.2.4. Tormentas Eléctricas.....	252
5.2.5. Lluvias extremas.....	256
5.2.6. Inundaciones pluviales y fluviales.....	260
5.2.7. Inundaciones costeras	268
5.2.8. Erosión costera	276





CAPÍTULO VI. Obras de mitigación279

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura I.1. Deslizamiento y afectaciones en vivienda ubicada en la Colonia Ramos, municipio de Playas de Rosarito.....15

Figura I.2. Evidencia del hundimiento en el boulevard Benito Juárez.16

Figura I.3. Afectaciones por las precipitaciones de 45 mm de los días 26 y 27 de noviembre de 2008. a) Afectaciones a las vialidades en la colonia Constitución, b) Afectación a predios, c) Afectación a un predio en la calle Manuel Pérez Yáñez.18

Figura II.1. Localización del municipio de Playas de Rosarito, Baja California.....21

Figura II.2. Mapa base del municipio de Playas de Rosarito.....24

Figura II.3. Mapa base del centro de población de Playas de Rosarito.25

Figura II.4. Mapa base del centro de población Primo Tapia.26

Figura III.1. Regiones fisiográficas del municipio de Playas de Rosarito.....28

Figura III.2. Geomorfología del municipio de Playas de Rosarito.33

Figura III.3. Disección vertical del municipio de Playas de Rosarito.34

Figura III.4. Geología del municipio de Playas de Rosarito.38

Figura III.5. Tipos de suelo del municipio de Playas de Rosarito.41

Figura III.6. Hidrología superficial del municipio de Playas de Rosarito.43

Figura III.7. Cuencas y subcuencas en el municipio de Playas de Rosarito.....47

Figura III.8. Acuíferos en el municipio de Playas de Rosarito.48

Figura III.9. Clima del municipio de Playas de Rosarito.53

Figura III.10. Uso de suelo y vegetación del municipio de Playas de Rosarito.57

Figura III.11. Uso de suelo del municipio de acuerdo a la información de los Programas de Desarrollo Urbano de los Centros de Población Playas de Rosarito y Primo Tapia.....58

Figura III.12. Región Terrestre Prioritaria en el municipio de Playas de Rosarito.60

Figura IV.1. Densidad de población del municipio Playas de Rosarito. Se muestran las tres localidades con mayor densidad poblacional.....62

Figura IV.2. Densidad poblacional por manzanas.63

Figura IV.3. Mapa de distribución de la población en el municipio. Se puede observar que la localidad Playas de Rosarito cuenta con el mayor porcentaje de la población en el municipio.65

Figura IV.4. Población con discapacidad. Se muestran las seis localidades principales del municipio.74

Figura IV.5. Grado de hacinamiento por manzana urbana en el municipio de Playas de Rosarito.....79





Figura IV.6. Grado de marginación de los centros de población del municipio Playas de Rosarito.....	85
Figura IV.7. Equipamiento del centro de población Playas de Rosarito.....	90
Figura IV.8. Equipamiento del centro de población Primo Tapia.....	91
Figura IV.9. Reserva territorial del centro de población Playas de Rosarito, según el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Playas de Rosarito 2007-2020.....	94
Figura IV.10. Reserva territorial del centro de población de Primo Tapia, según el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Primo Tapia.....	95
Figura IV.11. Delimitación de la Zona Conurbada Tijuana-Tecate-Rosarito.....	97
Figura V.1. Ubicación geográfica de los volcanes activos de México.....	100
Figura V.2. Volcanes activos de México cercanos al municipio Playas de Rosarito.....	101
Figura V.3. Aparatos volcánicos, bancos de materiales pétreos y minas.....	102
Figura V.4. Mapa de la magnitud de epicentros en el Municipio de Playas de Rosarito y sus alrededores.....	110
Figura V.5. Regionalización sísmica en la península de Baja California.....	113
Figura V.6. Aceleración pico del suelo para un periodo de retorno de 50 años y una probabilidad de excedencia del 2%.....	115
Figura V.7. Índice de exposición física por manzana ante eventos de sismos e inestabilidad de ladera.....	125
Figura V.8. Índice de vulnerabilidad social por manzana del municipio de Playas de Rosarito.....	143
Figura V.9. Índice de susceptibilidad por tsunamis en el municipio de Playas de Rosarito.....	148
Figura V.10. Índice de exposición física por manzana ante eventos de tsunamis e inundación pluvial.....	155
Figura V.11. Índice de peligro por deslizamiento, factor detonante lluvias para un periodo de retorno de dos años.....	171
Figura V.12. Índice de peligro por deslizamientos, factor detonante lluvias para periodos de retorno de 5, 20, 50 y 100 años.....	172
Figura V.13. Índice de peligro por deslizamientos, factor detonante sismos para un periodo de retorno de 50 años.....	173
Figura V.14. Índice de peligro por caídos y derrumbes, factor detonante lluvias para periodo de retorno de dos años.....	187
Figura V.15. Índice de peligro por caídos y derrumbes, factor detonante lluvias para periodo de retorno de 5, 20, 50 y 100 años.....	188
Figura V.16. Índice de peligro por caídos y derrumbes, factor detonante sismos para periodo de retorno de 50 años.....	189
Figura V.17. Índice de peligro por flujos, factor detonante lluvias para periodo de retorno de dos años.....	200
Figura V.18. Índice de peligro por flujos, factor detonante lluvias para periodos de retorno de 5, 20, 50 y 100 años.....	201
Figura V.19. Índice de peligro por flujos, factor detonante sismos para periodos de retorno de 50 años.....	202
Figura V.20. Hundimientos regionales y agrietamientos por sobreexplotación de acuíferos.....	208
Figura V.21. Regiones con riesgo de hundimiento por karsticidad.....	209
Figura V.22. Delimitación de placas tectónicas.....	211
Figura V.23. Fallas regionales en el norte Baja California (B= Falla Borrego, CA= Falla Calabazas, CH= Falla Chupamirtos, CP + centro de dispersión Cerro Prieto, CR= Falla Cañón Rojo, CU= Falla Cucapá, CW= Cuenca Wagner, E= Falla El Descanso-Estero, M= Falla Maximinos, ON= Dalla Ojos Negros, P=Falla Pescaderos, S= Falla Bahía Soledad, SS= Salton Sea y TH= Falla Tres Hermanas).....	212
Figura V.24. Fallas y fracturas distribuidas en el municipio de Playas de Rosarito.....	214
Figura V.25. Estaciones meteorológicas cercanas al municipio de Playas de Rosarito.....	219
Figura V.26. Índice de susceptibilidad a temperaturas máximas extremas en el municipio de Playas de Rosarito.....	220
Figura V.27. Índice de susceptibilidad a temperaturas mínimas extremas en el municipio de Playas de Rosarito.....	224
Figura V.28. Índice de susceptibilidad por sequía en el municipio de Playas de Rosarito.....	231
Figura V.29. Índice de vulnerabilidad física ante sequía.....	238
Figura V.30. Índice de susceptibilidad a heladas en el municipio de Playas de Rosarito.....	242





Figura V.31. Trayectorias de ciclones tropicales registrados en el estado de Baja California.....	248
Figura V.32. Grado de riesgo por tormentas eléctricas.	254
Figura V.33. Promedio anual de días con tormenta eléctrica en el país.	255
Figura V.34. Isoyetas de acumulación de lluvia en 60 min, con periodos de retorno de 10, 20, 25, 50 y 100 años.....	259
Figura V.35. Evidencia histórica de inundaciones pluviales en el municipio de Playas de Rosarito.	263
Figura V.36. Índice de peligro por inundación pluvial en el municipio de Playas de Rosarito.	265
Figura V.37. Evidencias históricas de inundaciones costeras.	271
Figura VI.1. Puntos críticos para la implementación de obras de mitigación en el municipio de Playas de Rosarito.	291

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica IV.1. Proyecciones del crecimiento poblacional 2010-2030 del municipio Playas de Rosarito.	67
Gráfica IV.2. Proyección del crecimiento de la población 2010-2030 por género.	67
Gráfica IV.3. Proyección del crecimiento poblacional 2010-2030 de las principales localidades del municipio Playas de Rosarito.....	68
Gráfica IV.4. Pirámide por grupos quinquenales de edad y sexo en el municipio Playas de Rosarito.	69
Gráfica IV.5. Distribución porcentual de la población total con discapacidad en las diferentes localidades. Se observa que de la población total con discapacidad, el 74% se encuentra en la localidad de Playas de Rosarito....	72
Gráfica IV.6. Distribución porcentual de la población respecto a los diferentes tipos de discapacidades. Se observa que la población con discapacidad en las actividades cotidianas presenta el mayor porcentaje de la población total de discapacitados.....	73
Gráfica V.1. Volumen de agua consumida en 2012 en los municipios de Baja California.....	232

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II.1. Cantidad de habitantes en las principales localidades del municipio de Playas de Rosarito.	21
Tabla II.2. Nivel de análisis y escala de representación gráfica de fenómenos geológicos.....	22
Tabla II.3. Nivel de análisis y escala de representación gráfica de fenómenos hidrometeorológicos.....	22
Tabla III.1. Provincia y subprovincias fisiográficas en las que se ubica el municipio de Playas de Rosarito.	27
Tabla III.2. Geformas en el municipio de Playas de Rosarito.	29
Tabla III.3. Disección vertical del municipio de Playas de Rosarito.	31
Tabla III.4. Tipos de rocas dentro del área municipal y su superficie de ocupación.	35
Tabla III.5. Unidades de suelo del municipio de Playas de Rosarito.	39
Tabla III.6. Características de las cuencas y subcuencas del municipio de Playas de Rosarito.	44
Tabla III.7. Características de los acuíferos del municipio Playas de Rosarito.....	45
Tabla III.8. Precipitación total mensual (mm).....	49
Tabla III.9. Lluvias máximas en 24 horas (mm), registradas en Playas de Rosarito.....	49





Tabla III.10. Número de días con granizo en Playas de Rosarito.	50
Tabla III.11. Temperatura mínima mensual (°C).	50
Tabla III.12. Temperatura máxima mensual (°C).....	51
Tabla III.13. Tipo de clima presente en el municipio de Playas de Rosarito.	51
Tabla III.14. Tipo de vegetación y usos de suelo presentes en el municipio de Playas de Rosarito.....	55
Tabla III.15. Tipo de vegetación y uso de suelo de la Región Terrestre Prioritaria Santa María-El Descanso.....	59
Tabla IV.1. Población por localidad en el municipio Playas de Rosarito. Se muestran las localidades con una población de más de 500 habitantes.....	64
Tabla IV.2. Población del municipio Playas de Rosarito y Tasa de Crecimiento.	66
Tabla IV.3. Proyección del crecimiento poblacional 2010-2030 en las principales localidades del municipio Playas de Rosarito.....	68
Tabla IV.4. Mortalidad general y por género en el municipio Playas de Rosarito.	70
Tabla IV.5. Indicadores de escolaridad del municipio Playas de Rosarito. El porcentaje fue calculado respecto a la población total del municipio.	70
Tabla IV.6. Población con discapacidad en el municipio Playas de Rosarito. Se presentan los datos de las localidades con una población superior a mil habitantes.	71
Tabla IV.7. Características, servicios y bienes en las viviendas del municipio Playas de Rosarito.	75
Tabla IV.8. Características de la población que habla alguna lengua indígena.	76
Tabla IV.9. Índice y grado de marginación de las principales localidades del municipio Playas de Rosarito.	80
Tabla IV.10 Límites para la determinación del grado de marginación.	84
Tabla IV.11. Cobertura de los servicios públicos en el municipio de Playas de Rosarito.	87
Tabla IV.12. Equipamiento en el municipio de Playas de Rosarito.	88
Tabla V.1. Volcanes activos de México.	103
Tabla V.2. Resultados de las mediciones de microtemores.....	106
Tabla V.3. Asignación de valores de acuerdo al tipo de periodo.....	107
Tabla V.4. Población del municipio Playas de Rosarito ubicada en zonas en alguna categoría de peligro por aceleración del terreno.....	107
Tabla V.5. Niveles de peligro de acuerdo a la aceleración pico del terreno.....	108
Tabla V.6. Magnitud, descripción y efectos de los sismos (USGS).....	111
Tabla V.7. Valores asignados según el porcentaje de materiales predominantes en el techo.	118
Tabla V.8. Valores asignados según el porcentaje de viviendas con piso de tierra.....	118
Tabla V.9. Valores asignados según el número de niveles.	119
Tabla V.10. Valores asignados al equipamiento.	120
Tabla V.11. Valores asignados según el tipo de equipamiento por manzana.	121
Tabla V.12. Valores asignado según el menaje.....	122
Tabla V.13. Valores asignados según el tipo de menaje por manzana.....	123
Tabla V.14. Población en el municipio de Playas de Rosarito en zonas en alguna categoría de exposición física.	123
Tabla V.15. Rangos de exposición física.....	123
Tabla V.16. Valores asignados según el porcentaje de la población no derechohabiente.	128
Tabla V.17. Valores asignados según el porcentaje de la población de 15 años y más que no sabe leer ni escribir (%A).	129
Tabla V.18. Valores asignados según el porcentaje de la población de 6 a 14 años que asiste a la escuela (%DEB)	130
Tabla V.19. Valores asignados según el nivel educativo de la población (GPE)	131





Tabla V.20. Valores asignados según el porcentaje de viviendas que no disponen de agua entubada (%VNDAE).....	133
Tabla V.21. Valores asignados según el porcentaje de viviendas sin servicio de drenaje (%VND).....	134
Tabla V.22. Valores asignados según el porcentaje de viviendas sin servicio de electricidad (%VNDE).....	135
Tabla V.23. Valores asignados según el Porcentaje de la población económicamente inactiva (%PEIA).....	136
Tabla V.24. Valores asignados según el resultado de la razón de dependencia (RD).....	137
Tabla V.25. Valores asignados según el resultado de la tasa de desempleo abierto (TDA).....	137
Tabla V.26. Valores asignados según la densidad de población (DP).....	138
Tabla V.27. Valores asignados según el porcentaje de la población indígena (%PI).....	139
Tabla V.28. Valores asignados según el promedio de ocupantes por cuarto en viviendas particulares habitadas (POC).....	140
Tabla V.29. Valores asignados según el porcentaje de la población con limitaciones en la actividad (%PCL).....	141
Tabla V.30. Población en el municipio de Playas de Rosarito ubicada en sitios en alguna categoría de vulnerabilidad social.....	141
Tabla V.31. Rangos de la vulnerabilidad social.....	142
Tabla V.32. Población del municipio Playas de Rosarito ubicada en zonas en alguna categoría de susceptibilidad por tsunami.....	146
Tabla V.33. Nivel de susceptibilidad por tsunami de acuerdo con la distancia de penetración para una ola de 2 m sobre el nivel de pleamar.....	146
Tabla V.34. Tsunamis registrados en la costa del Pacífico del estado de Baja California.....	149
Tabla V.35. Ponderación de acuerdo al porcentaje de viviendas con piso de tierra por manzana.....	151
Tabla V.36. Ponderación de las edificaciones y viviendas de acuerdo al número de niveles.....	151
Tabla V.37. Ponderación de acuerdo al tipo de equipamiento por manzana.....	152
Tabla V.38. Ponderación para menaje de casa.....	152
Tabla V.39. Clasificación del menaje por manzana.....	153
Tabla V.40. Población en el municipio de Playas de Rosarito ubicada en zonas en alguna categoría de exposición física.....	153
Tabla V.41. Clasificación de los distintos niveles de exposición.....	154
Tabla V.42. Indicadores del índice de peligro por deslizamientos y valores asignados a cada componente.....	159
Tabla V.43. Valores asignados a los tipos de suelo presentes en el municipio de acuerdo a sus características.....	161
Tabla V.44. Valores asignados a cada tipo de roca de acuerdo a su origen.....	163
Tabla V.45. Valores asignados a cada tipo de vegetación y uso de suelo en el municipio.....	164
Tabla V.46. Valores asignados a las categorías de la pendiente que se presenta en el área de estudio.....	165
Tabla V.47. Valores asignados a las categorías de antecedentes históricos.....	166
Tabla V.48. Valores asignados de acuerdo a la precipitación.....	167
Tabla V.49. Valores asignados de acuerdo a la magnitud y aceleración de los sismos.....	167
Tabla V.50. Población del municipio Playas de Rosarito ubicada en zonas en alguna categoría de peligro por deslizamiento con lluvias para periodos de retorno de 2 años.....	168
Tabla V.51. Población del municipio Playas de Rosarito ubicada en zonas en alguna categoría de peligro por deslizamiento con lluvias para periodos de retorno de 5, 20, 50 y 100 años.....	169
Tabla V.52. Población del municipio Playas de Rosarito ubicada en zonas en alguna categoría de peligro por deslizamiento con sismos.....	169
Tabla V.53. Categorías del peligro por deslizamientos.....	170
Tabla V.54. Valores asignados a los indicadores del índice de peligro por caídos y derrumbes.....	179
Tabla V.55. Valores asignados a los tipos de roca presentes en el municipio de Playas de Rosarito.....	181
Tabla V.56. Asignación de valores e acuerdo al tipo de vegetación y uso de suelo en el municipio de Playas de Rosarito.....	182





Tabla V.57. Población del municipio Playas de Rosarito ubicada en zonas en alguna categoría de peligro por caídos con lluvias con periodos de retorno de 2 años.	184
Tabla V.58. Población del municipio Playas de Rosarito ubicada en zonas en alguna categoría de peligro por caídos con lluvias con periodos de retorno de 5 a 100 años.....	185
Tabla V.59. Población del municipio Playas de Rosarito ubicada en zonas en alguna categoría de peligro por caídos con sismos.	185
Tabla V.60. Categorías del peligro por caídos y derrumbes.	186
Tabla V.61. Indicadores del índice de peligro por flujos y valores asignados.....	194
Tabla V.62. Valores asignados a los arroyos dependiendo del orden al que pertenecen.....	196
Tabla V.63. Población del municipio Playas de Rosarito ubicada en zonas en alguna categoría de peligro por flujos con lluvias para periodo de retorno de 2 años.....	198
Tabla V.64. Población del municipio Playas de Rosarito ubicada en zonas en alguna categoría de peligro por flujos con lluvias para periodo de retorno de 5, 20, 50 y 100 años.	198
Tabla V.65. Población del municipio Playas de Rosarito ubicada en zonas en alguna categoría de peligro por flujos con sismos.	199
Tabla V.66. Categorías del peligro flujos.....	199
Tabla V.67. Límites de temperatura para emitir alertas por ondas de calor.....	216
Tabla V.68. Población del municipio Playas de Rosarito ubicada en alguna zona de susceptibilidad	216
Tabla V.69. Vulnerabilidad por altas temperaturas.	217
Tabla V.70. Temperaturas máximas y mínimas absolutas.....	219
Tabla V.71. Promedios de temperatura frías en grados centígrados	222
Tabla V.72. Población del municipio Playas de Rosarito ubicada en alguna zona de susceptibilidad.	223
Tabla V.73. Rangos de susceptibilidad para zonas mediterráneas.....	223
Tabla V.74. Periodos de sequía severa y extrema en las 11 estaciones del Consejo de Cuenca Baja California y San Luis Río Colorado, Sonora de acuerdo a los resultados del SPI. Los números representan el número de meses con valores de SPI por debajo de -1.5.....	226
Tabla V.75. Efectos socioeconómicos como consecuencia de la sequía en Baja California registrados en prensa y CONAGUA.	227
Tabla V.77. Población del municipio Playas de Rosarito ubicada en alguna zona de susceptibilidad.	229
Tabla V.78. Severidad de la sequía.....	229
Tabla V.76. Composición del índice de vulnerabilidad de los acuíferos ante la sequía (IV).....	233
Tabla V.79. Población en el municipio de Playas de Rosarito en zonas en alguna categoría de vulnerabilidad por sequía.....	236
Tabla V.80. Vulnerabilidad de los acuíferos ante la sequía del municipio de Playas de Rosarito.	237
Tabla V.81 Población del municipio Playas de Rosarito ubicada en alguna zona de susceptibilidad	240
Tabla V.82. Valoración de la susceptibilidad a helada.	241
Tabla V.83. Nivel de intensidad de lluvia de acuerdo a la acumulación por hora.	256
Tabla V.84. Población del municipio Playas de Rosarito ubicada en alguna zona de susceptibilidad.	257
Tabla V.85. Niveles de susceptibilidad de acuerdo a la acumulación de lluvia.	257
Tabla V.86. Intensidad de lluvia en 60 min con periodos de retorno de 10, 20, 25, 50 y 100.	260
Tabla V.87. Población del municipio Playas de Rosarito ubicada en alguna zona de peligro.	261
Tabla V.88. Áreas de inundación por periodos de retorno del Arroyo Rosarito.	266
Tabla V.89. Áreas de inundación por periodos de retorno del Arroyo Huahuatay.	266
Tabla VI.1. Obras o acciones de mitigación, fenómenos geológicos.	280
Tabla VI.2. Acciones y obras de mitigación, fenómenos hidrometeorológicos.....	284







CAPÍTULO I. Introducción y Antecedentes

1.1. Introducción

Los fenómenos de origen geológico e hidrometeorológico, son manifestaciones naturales del funcionamiento intrínseco de la Tierra; sin embargo, cuando éstos están asociados a condiciones de vulnerabilidad de la sociedad, se convierten en un problema que preocupa a los gobiernos y autoridades de las regiones económicas del mundo para mantener a salvo a la sociedad, por lo que es necesario contar con mecanismos preventivos a través de los cuales sean minimizados los riesgos originados por amenazas naturales.

México, debido a factores relacionados con su situación geográfica, a su orografía, a la distribución y características de sus asentamientos humanos, es un país vulnerable ante los diversos fenómenos naturales a que está expuesto, mismos que ponen en riesgo a su población. Una de cada tres personas vive en zonas de peligro sísmico y alrededor de la mitad de la población está expuesta a actividad volcánica peligrosa. Lo anterior debido a que el territorio forma parte del llamado Cinturón de Fuego del Pacífico, donde se registra la mayor actividad sísmica del mundo.

En materia de lluvias, cada año el país recibe una media de 24.5 ciclones tropicales, de los cuales una sexta parte producen precipitaciones torrenciales que colapsan los sistemas hidráulicos de las ciudades, causan deslaves, arruinan extensas zonas de cultivo y generan fuertes pérdidas económicas. Así mismo, las sequías y heladas son eventos estacionales recurrentes que pueden afectar la actividad económica del país, dañan severamente al medio ambiente y sus efectos son de larga duración.

La Ley General de Protección Civil establece que los atlas de riesgo constituyen el marco de referencia para la elaboración de políticas y programas en todas las etapas de la Gestión Integral del Riesgo, en este sentido, la finalidad del atlas de riesgos del municipio de Playas de Rosarito, es que los usuarios finales y/o tomadores de decisiones, a partir de la información que sea proporcionada por este documento, sean capaces de ubicar e identificar el tipo, y grado de peligros que existen en el municipio y sus respectivas localidades, en función del origen natural de los mismos. La interpretación de la cartografía contribuirá a detectar, clasificar y zonificar las áreas de susceptibilidad, amenaza, peligro, y vulnerabilidad, así como identificar la existencia de una correlación entre las zonas propensas al desarrollo de fenómenos perturbadores y el espacio físico expuesto, pues se considerarán los efectos del cambio climático, como detonante de condiciones climáticas atípicas y aspectos tales como la infraestructura, vivienda, equipamiento e indicadores socioeconómicos, demográficos, entre otros.

Para lo anterior, el atlas de riesgos se encuentra dividido de tal manera que sean fácilmente identificados los diferentes capítulos en donde se exponen las diversas susceptibilidades, peligros o amenazas de origen natural que se pueden presentar en el municipio, esto para que el documento sea un elemento de fácil consulta que ayude a los tomadores de decisiones, para prevenir y su caso mitigar los efectos de los fenómenos naturales. En el Capítulo I se plantea de forma general el objetivo del estudio y se exponen las problemáticas relacionadas con los peligros de origen natural a los que se encuentra expuesto el municipio, también se mencionan los casos de fenómenos naturales más relevantes que han ocurrido en el municipio desde tiempo histórico hasta la fecha.

En el Capítulo II se presenta la información base que describe las características generales del municipio, tales como: localidades urbanas, límites políticos, vías de comunicación, escorrentías principales, topografía, entre otros. La importancia de realizar el mapa base radica en que es el punto de partida para los análisis realizados. También se dan a conocer los niveles y escalas cartográficas a los que llegó el análisis de cada uno de los fenómenos.



El Capítulo III contiene información de los elementos que conforman al medio físico de la zona de estudio. Se describen las características naturales tales como fisiografía, geomorfología, geología, edafología, hidrología, cuencas y subcuencas, clima, uso de suelo y vegetación principalmente.

Los elementos sociales, económicos y demográficos son caracterizados en el Capítulo IV. En dicho capítulo se hace una descripción de la situación general de estos factores a partir de indicadores básicos que revelan las condiciones generales del estado en el que se encuentra el municipio. La dinámica demográfica, características sociales como escolaridad, población con discapacidad, actividades económicas de la zona, equipamiento, entre otros indicadores, permiten tener un contexto de las condiciones actuales del municipio y de la sociedad en las cuales se desarrolla este Atlas de riesgo.

El Capítulo V es medular en el Atlas, en él se incluye un análisis riguroso de los fenómenos perturbadores de tipo geológico e hidrometeorológico que en determinado momento pudieran llegar a afectar negativamente al municipio; se identifica su periodicidad, el área de influencia, y el grado o nivel en que pueden impactar y sus diferentes elementos tanto en lo social como en lo ambiental dependiendo del grado de vulnerabilidad al que se encuentre expuesta. Así mismo, se proponen acciones de mitigación que coadyuven a disminuir peligro e identificar zonas susceptibles a ciertos fenómenos, además de propuestas y sugerencias para realizar estudios en los que se visualice a mayor detalle el peligro en el área de estudio. Los mapas que se presentan en este apartado permiten determinar y visualizar fácilmente las zonas de susceptibilidad o en peligro ante los diferentes tipos de fenómenos naturales.

La metodología seguida para la realización de este Atlas se sustenta en el documento: “Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo 2014”, el cual sirvió como guía metodológica para el proceso de elaboración de la cartografía temática y bases de datos relacionados con los procesos perturbadores que afectan al territorio nacional. A partir de esta guía se identifican los fenómenos que afectan al municipio para hacer la evaluación de la susceptibilidad, peligro y vulnerabilidad.

Para ello se definieron e identificaron los peligros que pueden llegar a presentarse en el municipio y se determinó el nivel de análisis. El nivel definido va desde zona metropolitana hasta análisis a nivel manzana.

El análisis para cada uno de los fenómenos según su origen ya sea geológico o hidrológico tiene un nivel metodológico para su análisis, éste puede ser nivel uno o nivel dos. En el nivel uno se encuentra información de la ubicación del fenómeno dentro del contexto de México o bien una compilación de información de estudios realizados en el territorio objeto de análisis; pueden ser registros de datos climatológicos, precipitación, de la afectación ambiental de ciertos sucesos, entre otros. En el caso del nivel dos, se utilizaron los datos obtenidos en el nivel anterior y ajustaron a una distribución de probabilidad de valores extremos para cada variable, la información obtenida se presenta de manera cartográfica.

El atlas de riesgos del municipio de Playas de Rosarito, se convertirá en un elemento para definir acciones programáticas y presupuestales enfocadas a guiar el desarrollo territorial hacia espacios ordenados y sustentables.

1.2. Antecedentes

De acuerdo al municipio de Playas de Rosarito: *“Rosarito, sus orígenes. Antes de la llegada de los españoles, los indígenas seminómadas Kumiais, se trasladaban durante el verano a un lugar que ellos llamaban Uacatay donde hoy se encuentra la zona central de Rosarito. Aquí los nativos se dedicaban a la recolección de choros y abulones en la costa. Durante el invierno tenían su morada en San José de la Zorra, cerca del Valle de Guadalupe, donde en la actualidad habitan unas 50 familias que se dedicaban en su mayoría, a la artesanía. En 1772 comenzó esta región la etapa misional, una cruz sobre un promontorio rocoso marca la división entre Franciscanos y Dominicos, éstos últimos creadores del Rosario, le dieron este nombre a la pequeña ranchería de Uacatay, que después derivó en su diminutivo. Rosarito.”*

Playas de Rosarito pasó de ser una delegación del municipio de Tijuana a convertirse en un municipio libre, gracias al desarrollo que ha alcanzado. Después de pertenecer 108 años al municipio de Tijuana, el 29 de junio de 1995, por acuerdo unánime del Congreso del Estado, se convirtió en el quinto municipio del estado de Baja California.

Actualmente el Municipio Playas de Rosarito ha superado la dinámica de crecimiento y expansión urbana para la planeación y capacidad regulatoria. La ocupación de suelos no aptos para el desarrollo de infraestructura y vivienda, la falta de regulación y de previsión de riesgos exponen a la sociedad a diversos peligros de origen natural.

Hasta ahora se han presentado en el municipio diversos fenómenos naturales que han impactado notoriamente a la sociedad, por lo que a continuación se hará una breve descripción de los fenómenos de origen geológico e hidrometeorológico más relevantes en el municipio, para dar una perspectiva general de la situación en la que se encuentra el municipio con respecto a los desastres a los que se ha enfrentado.

En el caso de los fenómenos de origen geológico, como sismos, deslizamientos, derrumbes, tsunamis, hundimientos, entre otros, se tiene lo siguiente:

El 10 de enero del 2008 el titular de protección civil Octavio Méndez Stoeber atendió las denuncias de afectación de hogares en la Colonia Ramos encontrando más de 14 casas habitación con deslizamiento del terreno, afectaciones en la estructura, escurrimientos de agua y sólidos e inestabilidad de paredes como consecuencia de las lluvias que cayeron en la región. En la calle Enrique Betancourt, en el Lote 10, Manzana 14 hubo daños en una vivienda debido al deslizamiento del terreno (Figura I.1).



Figura I.1. Deslizamiento y afectaciones en vivienda ubicada en la Colonia Ramos, municipio de Playas de Rosarito.

También otro reporte de protección civil menciona que el 04 de enero del año 2011 hubo hundimientos de asfalto en una zona de intersección y tránsito vehicular, en este caso la premura al tomar medidas y acciones para atender el reporte es de vital importancia, pues esos hundimientos pudieron haber afectado los ductos playeros de Petróleos Mexicanos por corrosión en caso de escurrimiento de agua pluvial y representar además otro riesgo para la población (Figura I.2).



Figura I.2. Evidencia del hundimiento en el boulevard Benito Juárez.

El 15 de abril de 2012, se registró un deslizamiento en la localidad Ladrillera Pescador en la delegación de Primo Tapia, lo que provocó que las familias afectadas fueran desalojadas, evacuación total de cinco hogares. El derrumbe se presentó en un área contigua a la Carretera Escénica Tijuana-Ensenada y se debió a la acumulación de líquidos en el subsuelo por falta de servicios de drenaje en el poblado. Esto afectó de forma importante puesto que por las características del tipo de suelo presente en la zona existe mayor riesgo a derrumbes.

Así mismo se han presentado eventos sísmicos. El jueves 19 de diciembre del año 2013 un sismo de 4.6 grados en la escala de Richter se sintió en el municipio de Playas de Rosarito, además de los municipios de Ensenada, Tecate, Tijuana y Mexicali. El movimiento telúrico fue resultado de la actividad normal de la falla sísmica Aguablanca que se encuentra cercana al Valle de la Trinidad.

Aunque no se presentaron daños a la infraestructura en el municipio, el sismólogo del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), Luis Mendoza Garcilaso, recomendó que se debe contar con una cultura de prevención en caso de que se presentara un evento más intenso (Lamas, 2013).

Ahora bien, el municipio también se encuentra expuesto a sufrir los daños causados ante la presencia de fenómenos naturales de origen hidrometeorológico, como las lluvias atípicas que han afectado al municipio y regiones circundantes, las cuales se puntualizan a continuación:

En enero de 1980 hubo fuertes lluvias provocando inundaciones en extensas zonas de la ciudad de Tijuana, B. C. El 30 de enero la presa Abelardo L. Rodríguez se encontraba a su máxima capacidad por lo que hubo necesidad de desahogarla, lo cual desbordó el cauce y barrió con los asentamientos que se encontraban en su borde, desde la cortina hasta el Puente Negro provocando la muerte y desaparición de un número desconocido de familias y más de 20,000 damnificados (Plascencia, 2011).

En 1983, el fenómeno del Niño, el cual es un fenómeno natural que provoca volúmenes de precipitación anormales, originó grandes tormentas que trajeron consigo deslaves, taponamientos y derrumbes de al menos siete viviendas, ocho personas fallecidas confirmadas y más de 2,500 damnificados (Plascencia, 2011).



Después de las lluvias del año de 1983, los años siguientes fueron sumamente secos; sin embargo, en el mes de enero de 1993, también en la ciudad de Tijuana, las intensas lluvias alcanzaron los 210 mm en dos semanas. Los rebajes de las pendientes y la falta de vegetación provocaron derrumbes en cañones, los cuales ya se encontraban obstruidos por escombros y basura. En esta ocasión quedó dañado el 10% del área urbana de Tijuana, hubo al menos 37 muertes, 5,000 personas quedaron sin hogar y las pérdidas materiales se cuantificaron en 40 millones de dólares. Las afectaciones fueron tales que se implementó el Plan DN-III de la SEDENA y se habilitaron al menos 15 albergues temporales (Plascencia, 2011).

Otro de los casos más trágicos que se ha presentado en el municipio sucedió el 8 de febrero del año 1998. En esa ocasión la lluvia de 14 mm que cayó durante media hora en la madrugada, provocó que se generaran inundaciones, deslaves y desbordamientos. Para este evento fueron reportadas siete personas muertas debido a ahogamiento, pues fueron arrastradas por las corrientes de agua que se formaron en los cañones. Además 300 personas fueron desalojadas y llevadas a albergues en el municipio de Tijuana, pues en ese momento se tenían previstos como parte del plan de contingencia para enfrentar al fenómeno del Niño. Las consecuencias sociales fueron graves, además debido a la intensa lluvia, canales pluviales se desbordaron, se suspendió el servicio de energía eléctrica y agua potable, y hubo afectaciones a las vialidades por deslaves en el pavimento (Cornejo, 1998).

El 19 de diciembre del 2008, el municipio Playas de Rosarito fue el segundo municipio más afectado del estado de Baja California, por las lluvias que se presentaron en esa fecha. Como consecuencia de las fuertes precipitaciones, el arroyo Huahuatay se desbordó, esto provocó daños e inundaciones en viviendas, así como el desalojo de más de un centenar de familias residentes en zonas bajas (Martínez, 2008).

De acuerdo a los reportes técnicos de Protección civil, se han presentado los siguientes desastres en el municipio:

En los días 26 y 27 de noviembre de 2008, Protección civil reportó 45 mm de precipitación pluvial, dejando como saldo 40 reportes de casas inundadas, 10 calles con afectaciones menores y afectaciones para el tránsito vehicular (Figura I.3).

El 26 de noviembre de 2008 protección civil identificó viviendas con problemas de inundación en la colonia Constitución y Rancho Chula Vista con posibilidad de evacuar a las personas de algunas casas.

El 27 de noviembre de 2008 reportó daños en las colonias Constitución, Lucio Blanco y Rancho Chula Vista con 16 casas habitación afectadas por inundación y 50 familias con acceso imposibilitado en el arroyo Morales.

El 22 de enero del 2010, debido a las fuertes lluvias fueron desalojadas ocho familias que habitaban un predio en donde el nivel del agua alcanzó 50 centímetros de altura. Aunado a esto, en la calle Augusto Gómez al menos seis viviendas resultaron inundadas. En esa temporada se reportó que el boulevard Benito Juárez fue una de las avenidas más afectada por las inundaciones (Gutiérrez, 2010).



Figura 1.3. Afectaciones por las precipitaciones de 45 mm de los días 26 y 27 de noviembre de 2008. a) Afectaciones a las vialidades en la colonia Constitución, b) Afectación a predios, c) Afectación a un predio en la calle Manuel Pérez Yáñez.

El 28 de febrero de 2011 se reportó que la tormenta de los días 25 y 26 de ese mes, alcanzó los 30 mm en 24 horas, dejando como saldo el derrumbe e interrupción del tránsito vehicular en el km 66 de la carretera de cuota, se inundó una casa habitación en la colonia Constitución, boulevard Guerrero y un arrastre vehicular con un persona dentro por el arroyo Rosarito.

Además se reportaron zonas vulnerables como lo muestran los siguientes informes:

- En el informe del 03 de junio del 2008, protección civil reportó zonas obstruidas por escombros y basura en los arroyos de las colonias identificadas como zonas de alto riesgo; Ejido Mazatlán, La Ladrillera y Cañón Cordero.
- El 04 de junio del 2008, reportó vulnerabilidad para las casas habitación de la colonia Ejido Mazatlán a causa de los segmentos de basura pesada encontrados en el cauce natural del arroyo de la colonia.
- El 16 de octubre del 2008 protección civil solicitó una estimación hidrológica a CONAGUA, así como su opinión técnica referente a la demarcación de los arroyos: Morales- Cordero- Huahuatay- El Morro- Primo Tapia, calle Miguel Hidalgo, La Ladrillera/ Vista Marina, Chula Vista y Puerto Nuevo a causa de la identificación de invasiones a zonas consideradas en riesgo.

Así como las lluvias han generado desastres, las sequías también. El 27 de agosto de 2014 CONAGUA ubicó a Baja California como el único Estado del País que presenta sequía extrema, reportando a Rosarito con sequía severa, debido a la condición atípica de este año. Los productores agrícolas y ganaderos se vieron afectados por este fenómeno (Durán, 2014).

En resumen, Playas de Rosarito y alrededores han sufrido graves afectaciones debido a los fenómenos naturales de origen geológico e hidrometeorológico. De acuerdo a la información documentada se han perdido alrededor de 104 vidas humanas, 84 viviendas, 27,900 damnificados y por lo menos 40 millones de dólares en pérdidas económicas. Es importante resaltar que el evento que tuvo mayores afectaciones en la región fue el ocurrido en el año 93 por la trágica muerte de 37 personas.



Ahora bien, con relación a los eventos registrados se detectaron, las áreas de mayor riesgo en el municipio que son la zona de Huahuatay, la colonia Constitución, Rancho Chula Vista, Ejido Mazatlán, y La Ladrillera. Huahuatay se considera como propensa ante riesgo por inundación debido a que se caracteriza por encontrarse dividida al centro por el cauce del arroyo con el mismo nombre, como se indica en el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Playas de Rosarito (PDUCP-PR).

1.3. Objetivo

Objetivo general

Diagnosticar, ponderar y detectar amenazas, peligros, vulnerabilidades y estimar los riesgos en el espacio geográfico del Municipio de Playas de Rosarito, Baja California.

Objetivos específicos

- Identificar los elementos mínimos cartografiables para la elaboración del Atlas.
- Identificar y ubicar el tipo y grado de riesgos y peligros existentes de acuerdo con el origen natural de los mismos.
- Realizar el análisis de peligro-vulnerabilidad en el área de estudio.
- Representación cartográfica de la información temática de las zonas de riesgo.
- Generar un catálogo de información geográfica, estadística y de peligros del área de estudio.
- Desarrollar un Sistema de Información Geográfica para la consulta y análisis de información geográfica de peligros del área de estudio.



CAPÍTULO II. Determinación de niveles de análisis y escalas de representación cartográfica

El municipio de Playas de Rosarito se encuentra ubicado en el estado de Baja California, colinda al este y norte con el municipio de Tijuana y al sur con el municipio de Ensenada, en el oeste colinda con el Océano Pacífico. Se localiza entre los paralelos 32º 05' y 32º 25' N y entre los meridianos 116º 40' y 117º 10' W.



Figura II.1. Localización del municipio de Playas de Rosarito, Baja California.

El municipio de Playas de Rosarito tiene una superficie de 496.44 km² (H. VI Ayuntamiento de Playas de Rosarito, 2014), es el municipio con menor magnitud del Estado representa un 0.69% de la superficie total de Baja California. El municipio fue creado oficialmente en 1995 por decreto del Congreso del Estado de Baja California y cuenta con tres localidades principales: Playas de Rosarito, Primo Tapia y Ampliación Ejido Plan Liberador. La población total del municipio es de 90,668 habitantes para el 2010, de los cuales el 72% pertenece a la localidad de Playas de Rosarito, el 5% a Primo Tapia, 7% para Ampliación Ejido Plan Liberador (Tabla II.1) y el porcentaje restante de la población se encuentra distribuido en otras localidades de menor población del municipio de Playas de Rosarito (INEGI, 2010a).

Tabla II.1. Cantidad de habitantes en las principales localidades del municipio de Playas de Rosarito.

Elaboración propia con datos de INEGI, 2010.

Localidad	Habitantes	Porcentaje
Playas de Rosarito	65,278	72
Primo Tapia	4,921	5
Ampliación Ejido Plan Liberador	5,906	7
Otros asentamientos	14,563	16



Total	90,668	100
-------	--------	-----

Los fenómenos perturbadores naturales tendrán distintas escalas y metodologías por lo que se llegará a un nivel de análisis diferente, a continuación en la Tabla II.2 y Tabla II.3 se presentan los niveles de análisis de cada fenómeno a estudiar, así como la escala de representación cartográfica.

Tabla II.2. Nivel de análisis y escala de representación gráfica de fenómenos geológicos.

Fenómeno	Nivel de análisis	Escala de representación cartográfica
1. Vulcanismo	1	1:50,000
2. Sismos	2	1:50,000
3. Tsunamis	2	1:50,000
4. Deslizamientos	2	1:50,000
5. Flujos	2	1:50,000
6. Caídos o derrumbes	2	1:50,000
7. Hundimientos	1	1:50,000
8. Fallas y Fracturas	1	1:50,000

Tabla II.3. Nivel de análisis y escala de representación gráfica de fenómenos hidrometeorológicos.

Fenómeno	Nivel de análisis	Escala de representación cartográfica
----------	-------------------	---------------------------------------





1. Temperaturas máximas y mínimas extremas	1	1:50,000
2. Sequías	1	1:50,000
3. Heladas	1	1:50,000
4. Tormentas de granizo	1	1:50,000
5. Tormentas de nieve	1	1:50,000
6. Ciclones tropicales	1	1:50,000
7. Tornados	1	1:50,000
8. Tormentas polvo	1	1:50,000
9. Tormentas eléctricas	1	1:50,000
10. Lluvias extremas	1	1:50,000
11. Inundaciones pluviales, fluviales	2	1:50,000
12. Inundaciones costeras	1	1:50,000
12. Erosión costera*	1	1:50,000

*El fenómeno de erosión costera se incluyó dentro de los fenómenos hidrometeorológicos de acuerdo a la clasificación de CENAPRED.

Se presentan los mapas base del municipio de Playas de Rosarito (Figura II.2), centro de población de Playas de Rosarito (Figura II.3) y Primo Tapia (Figura II.4), con la siguiente información: límites político-administrativos (municipal y estatal), localidades, curvas de nivel, modelo digital del terreno (MDT), rasgos topográficos, corrientes principales, obras de infraestructura, límites y/o nombre de colonias, equipamiento, vialidades con nombre y AGEB-Manzana.

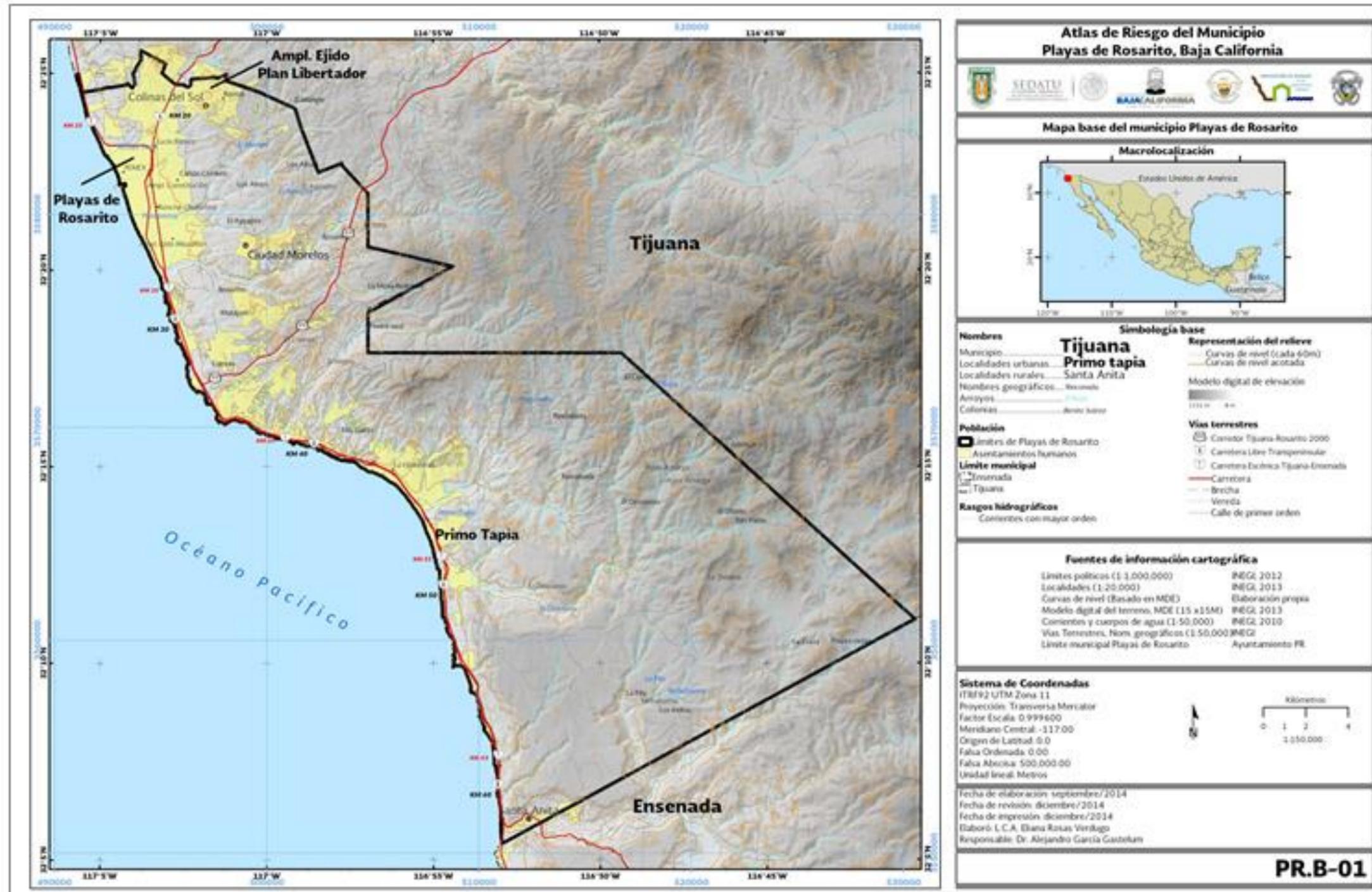


Figura II.2. Mapa base del municipio de Playas de Rosarito.

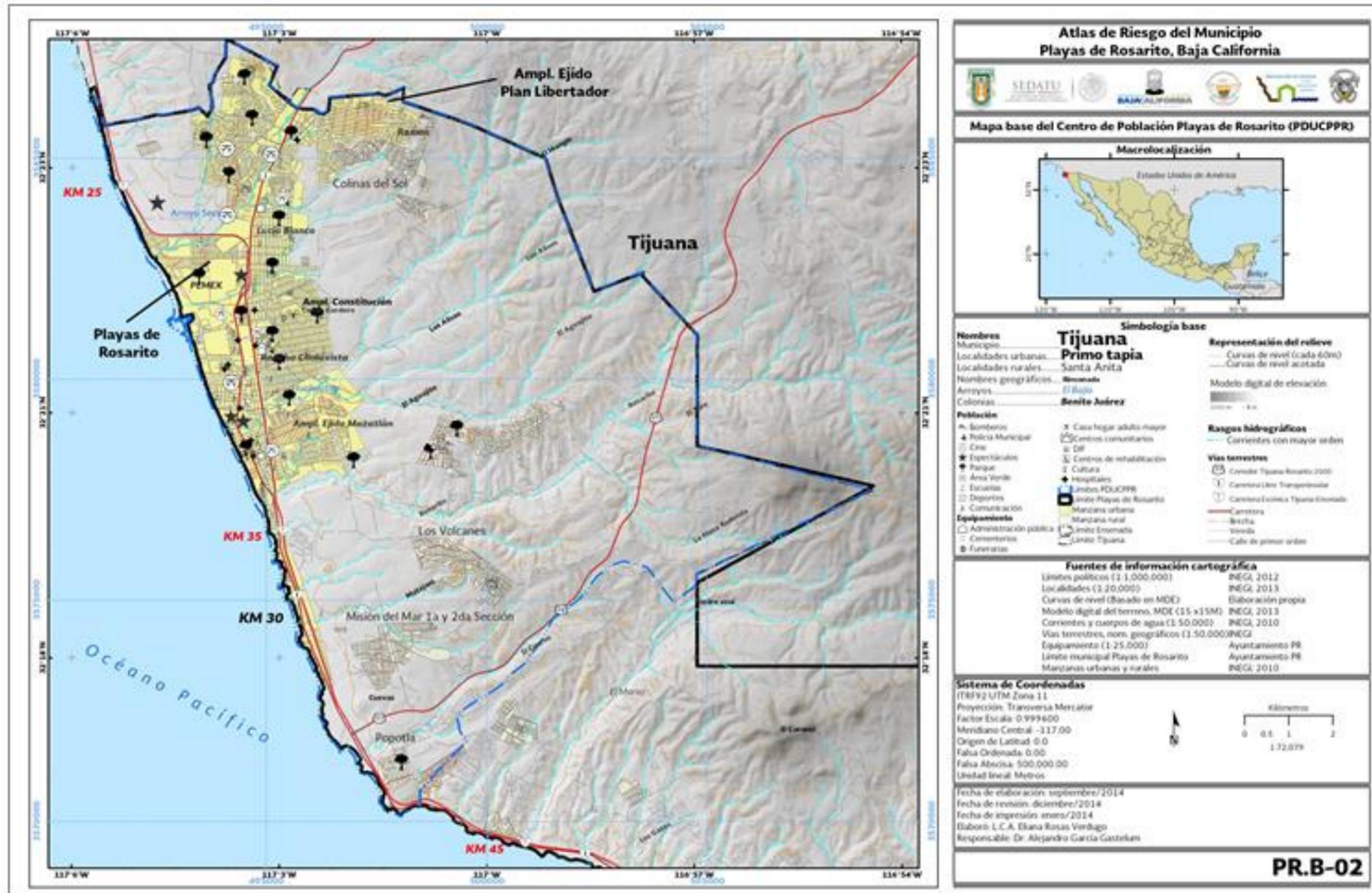


Figura II.3. Mapa base del centro de población de Playas de Rosarito.

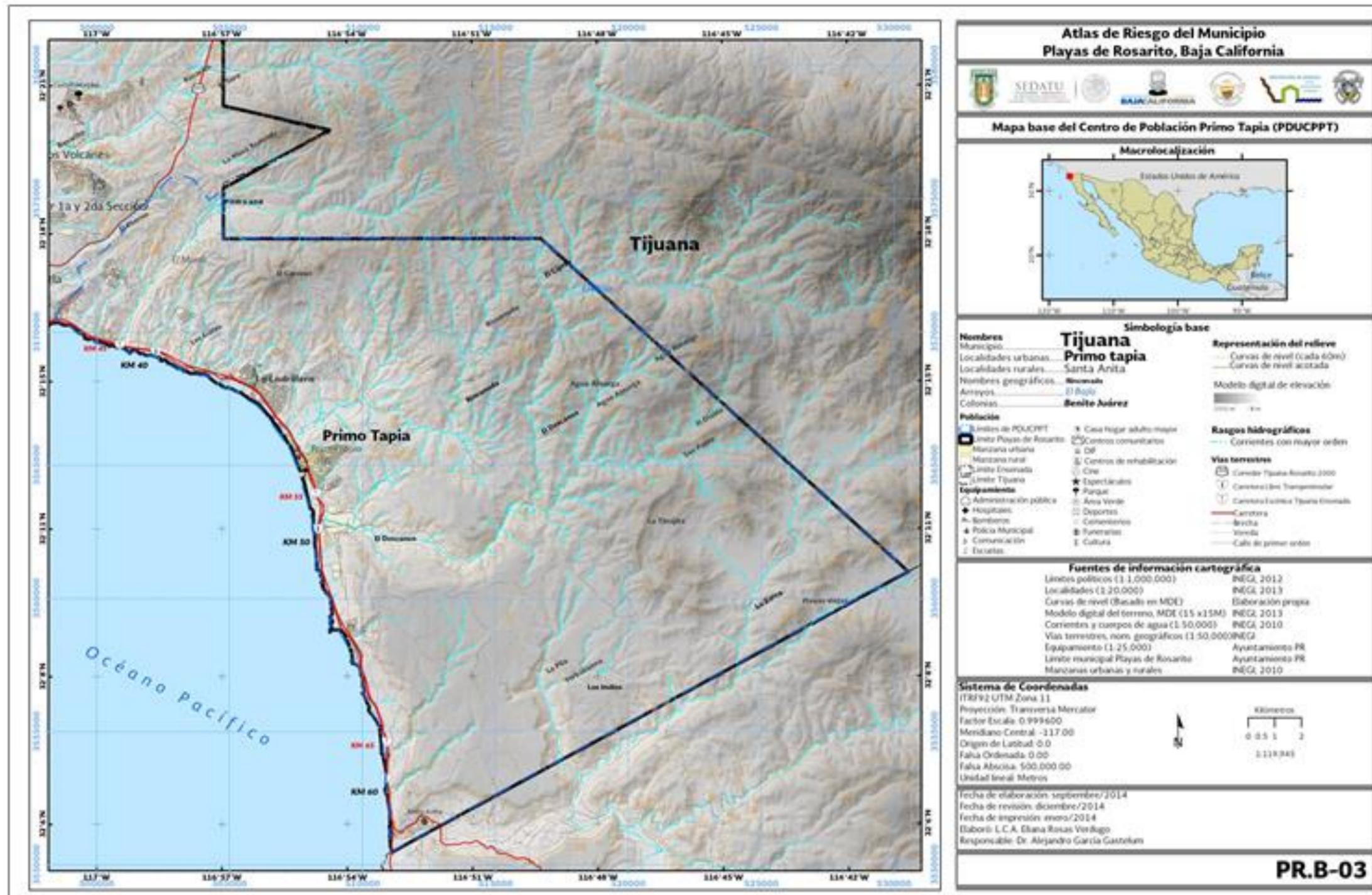


Figura II.4. Mapa base del centro de población Primo Tapia.



CAPÍTULO III. Caracterización de los elementos del medio natural

3.1. Fisiografía

3.1.1. Provincias

El municipio de Playas de Rosarito forma parte de la provincia fisiográfica Península de Baja California, ésta abarca políticamente los estados de Baja California y Baja California Sur (al norte del paralelo 32° y hasta el sur del paralelo 23°), limita al norte con el Valle de San Joaquín en Estado Unidos de América, al noreste con la provincia fisiográfica de la Llanura Sonorense, y al sur termina en Cabo San Lucas. Tiene una longitud de aproximadamente 1,430 km y una anchura media de 75 km. La porción central está integrada por la Cordillera Peninsular; las cumbres más elevadas se encuentran en las sierras de la porción norte alcanzando alturas que sobrepasan los 3,000 msnm destacando las Sierras Juárez y San Pedro Mártir, mientras que al sur cerca de la Paz se alcanzan altitudes de 250 msnm, su altitud media es de 1,000 msnm (Rosete et al. 2008; INEGI, 2008).

3.1.2. Subprovincias

La provincia Península de Baja California se divide en dos subprovincias fisiográficas: Sierra de la Giganta en la porción sureste del Estado y Sierras de Baja California Norte que cubre casi toda la entidad, en ésta última se ubica la zona de estudio al igual que los municipios de Ensenada, Tijuana, Tecate y Mexicali. De igual manera en esta provincia se localizan tres discontinuidades fisiográficas: la Región del Cabo con serranías de granito, las crestas están orientadas de norte a sur en lugar de noroeste a sureste como sucede en la Cordillera Peninsular; los Llanos de Magdalena con bajos y bolsones que se inundan en la época de lluvias y cuya costa se irrumpe por el desarrollo de lagunas, muchas de ellas comunicadas con el mar; finalmente el Desierto de Sebastián Vizcaíno, con amplios llanos y médanos que se interrumpen por la Sierra Volcánica del mismo nombre hacia el oeste (Rosete et al. 2008; Medrano, 2004; SE-SGM, 2013). La Tabla III.I y Figura III.1 muestran la información fisiográfica del municipio de Playas de Rosarito.

Tabla III.1. Provincia y subprovincias fisiográficas en las que se ubica el municipio de Playas de Rosarito.
Elaboración propia con datos de IMPLAN, 2014.

Provincia fisiográfica	Subprovincia fisiográfica	Superficie (km ²)	Superficie (%)
Península de Baja California	Sierras de Baja California Norte	496.44	100

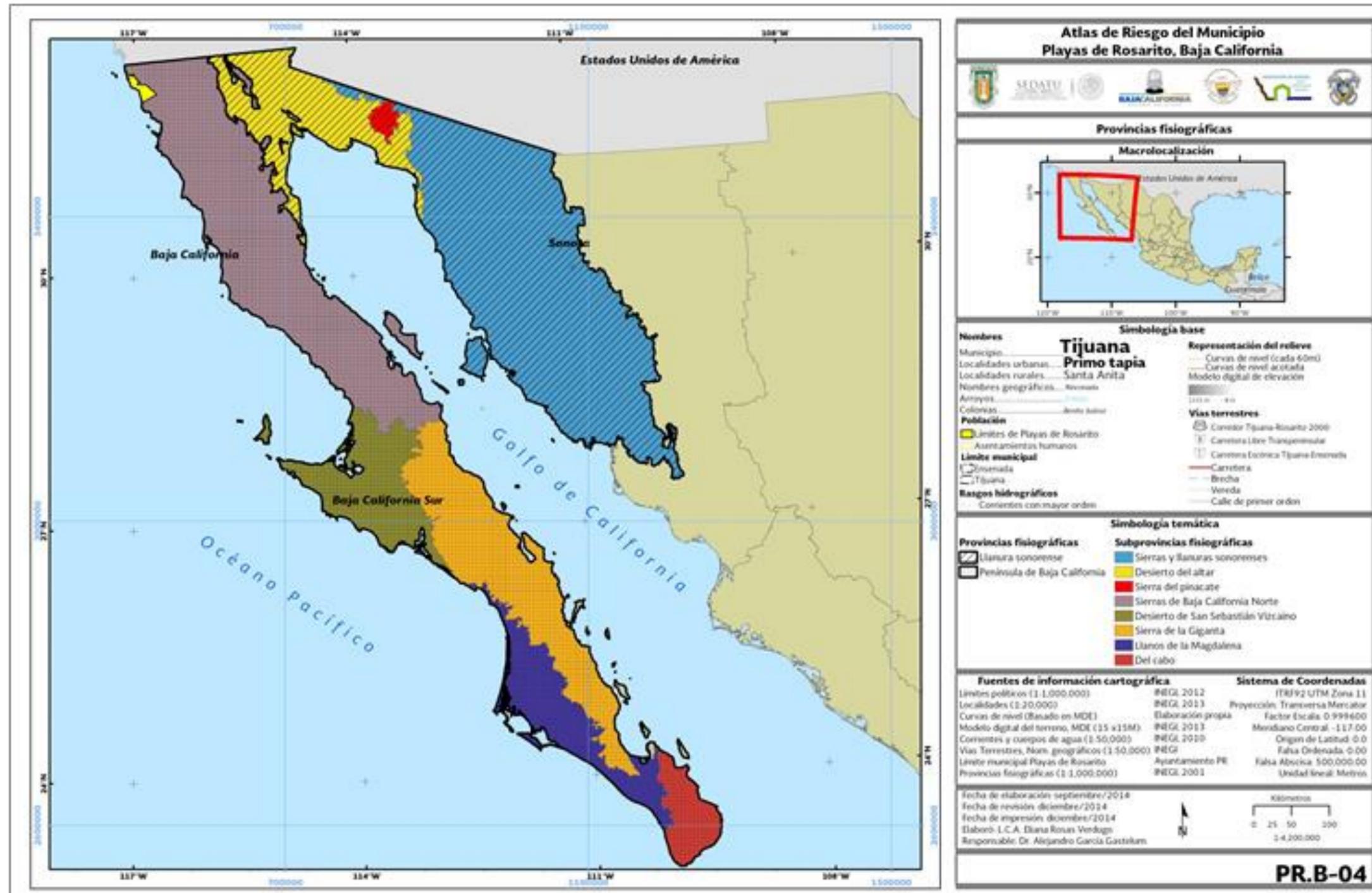


Figura III.1. Regiones fisiográficas del municipio de Playas de Rosarito.



3.2. Geomorfología

El sistema de topofomas dentro del municipio de Playas de Rosarito está constituido en un 46% por laderas moldeadas que forman parte del relieve denominado volcánico, el 39% corresponde a elevaciones bajas y/o lomeríos de plegamiento, el resto del territorio presenta principalmente relieve mesiforme, montaña de bloque, valle de intermontano y valle de montaña. En el caso de geoformas como costa erosiva, costa rocosa erosiva, costa no diferenciada con playa, premontaña, valle aluvial y valle de amplio, cada uno de ellos se encuentra en menos del 1% del territorio (INEGI, 2010b). En general casi todo el territorio del municipio presenta una topografía accidentada con altitudes que varían de los 0 msnm hasta los 745 msnm (POBC, 2003). En la Tabla III.II y Figura III.2 se muestra la información geomorfológica del municipio.

En el caso de los centros de población, el grupo geomorfológico sobre el que yace Primo Tapia corresponde a elevaciones bajas y/o lomeríos de plegamiento y una porción de relieve mesiforme, por su parte Playas de Rosarito está sobre, elevaciones bajas y/o lomeríos de plegamiento, ladera modelada, relieve mesiforme de estructura tabular, costa erosiva y costa no diferenciada con playa (Figura III.2).

Tabla III.2. Geoformas en el municipio de Playas de Rosarito.
Elaboración propia con datos de IMPLAN, 2014.

Geoforma	Dirección	Altura (m)	Grupos	Superficie (km ²)	Porcentaje (%)
Costa erosiva-acumulativa (mixta)			Sistema costero	3.93	0.79
Costa no diferenciada con playa			Sistema costero	3.07	0.62
Costa rocosa erosiva			Sistema costero	3.07	0.62
Elevaciones bajas y/o lomeríos de plegamiento	Severa	Relativa inferior a 200	Montañas de plegamiento	195.55	39.39
Ladera modelada	Moderada	Relativa mayor a 500	Relieve volcánico	228.71	46.07
Montaña bloque	Severa	Relativa mayor a 500	Sierras	16.36	3.30
Premontaña	Moderada	Relativa entre 200 y 500	Relieve volcánico	1.39	0.28
Relieve mesiforme de estructura tabular	Con o sin escasa	Relativa inferior a 200	Planicies	24.04	4.84
Valle de aluvial con procesos de acumulación			Sistema fluvial	4.44	0.89
Valle de amplio o planicie aluvial colmatado			Sistema fluvial	0.53	0.11
Valle de intermontano con moderada erosión			Sistema fluvial	7.06	1.42
Valle de montaña			Sistema fluvial	6.56	1.32
No disponible				1.73	0.35
			TOTAL	496.44	100

Las características de las diferentes unidades geomorfológicas predominantes en el municipio se puntualizan a continuación (CONANP, s.f.; Abraham y Salomón, s.f.; Centrogeo, s.f.; Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, s.f.; IGAC, 2010):

Costa erosiva acumulativa: son formadas por procesos de transporte y depósitos de sedimento por la acción del viento, pertenece al sistema costero.





Costa no diferenciada con playa: línea de costa en la que se aprecian las playas bien estructuradas con salientes rocosas y variaciones morfológicas, esta geoforma pertenece al denominado sistema costero.

Costa rocosa erosiva: son costas sujetadas a procesos erosivos; los diferentes tipos de rocas, configuraciones estructurales y oleaje hacen que estas tengan diferentes características, pueden ser empinadas, suaves, irregulares, regulares, estables o inestables.

Elevaciones bajas y/ o lomeríos de plegamiento: superficie disectada de lomas y/o colinas, donde las cimas están aproximadamente al mismo nivel, dicha superficie presenta deformaciones en los estratos conocidos como pliegues.

Ladera modelada: pendientes de perfil rectilíneo o irregular que limitan lateralmente a un valle o una montaña, puede ser modelada por factores morfogenéticos, por efecto del agua, aire, gravedad, temperatura, solubilización de rocas entre otros.

Montaña bloque: geoforma generada cuando en la corteza terrestre se ha hundido el bloque central y los bloques laterales ascienden, se presentan diferentes tipos de disecciones, pertenece al grupo denominado sierras.

Premontaña: son laderas que caracterizan valles fluviales erosivos pertenecientes a relieve de tipo volcánico.

Relieve mesiforme de estructura tabular: perteneciente al grupo de planicies y/o homoclinal de cuevas tendidas.

Valle de aluvial con procesos de acumulación: estos valles se definen como franjas ocupadas por las aguas durante las crecidas altas o extraordinarias, constituyendo la zona de amortiguación de crecientes, donde además, se desarrollan los procesos ecológicos ligados al curso o cuerpo de agua. Faja de terreno llano compuesta por aluvión depositado sobre el fondo plano del valle, que margina el cauce de algunos ríos, perteneciente al sistema fluvial.

Valle de amplio o planicie aluvial colmatado: formas del relieve de origen acumulativo, las planicies aluviales se producen por procesos aluviales de desborde y semideltáicos, con numerosos ejes de sedimentación, y amplias zonas planas y depresionales.

Valle de intermontano con moderada erosión: depresiones alargadas y paralelas a elevaciones montañosas, presenta interrupciones por crestones originadas por erosión diferencial, son unidades geomorfológicas de origen fluvial que ocupan zonas intermedias de sistemas montañosos.

Valles de montaña: extensiones de tierra llana ubicada entre montañas en las que discurren ríos, presentan una disección profunda en v.

3.2.1. Morfología del terreno

Las formas del terreno varían desde cimas suavemente redondeadas con pendientes poco inclinadas, hasta las terminadas en tipo cono con pendientes fuertes, pasando por sucesiones escarpadas y mesas. Tierra adentro se encuentran diversos valles, poco desarrollados en área, pero con abundante presencia de árboles y arbustos que favorecen la conservación de las escasas filtraciones, siendo ésta la única fuente natural de aprovechamiento de agua, en contraste con la vegetación espinosa de baja estatura y arbustos que posibilitan la insolación del terreno (POBC, 2010).



La configuración del terreno varía de rugosa en el extremo este del límite municipal, a ondulante en las cercanías de la costa en el extremo norte y sureste. En el extremo sur y suroeste, el terreno en la parte alta tiene pendiente suave, destacando las mesas El Descanso y Los Indios, con una altura máxima de 340 msnm (POBC, 2010).

Los contrastes locales de pendiente están asociados a los procesos de intemperismo y erosión que dan origen a los escurrimientos y taludes. Existen rasgos morfológicos muy marcados dispuestos transversalmente a la configuración municipal como el cañón El Descanso, que cruza toda el área en la parte central, en dirección noreste-suroeste a pesar del cambio de dirección y desnivel máximo de 320 m. Al norte la cañada El Morro con trazo noroeste-suroeste alcanza un desnivel de hasta 220 m y al sur el arroyo Guadalupe tiene 280 m de desnivel, con una tendencia casi este-oeste a lo largo de 9 km a partir de la línea de costa y hasta el cambio de dirección aguas arriba, con comportamiento sinuoso (POBC, 2010). El cerro del Coronel es el punto más sobresaliente en todo el municipio alcanzando una altura máxima de 725 msnm, domina gran parte del paisaje puesto que se observa desde cualquier punto de la zona costera (POBC, 2003).

3.2.2. Pendiente

La pendiente en todo el municipio va desde 0% hasta superior al 100%. El mayor porcentaje corresponde a pendientes entre el 0% y 25% las cuales son adecuadas para uso urbano y agrícola de temporal con cultivos de gramíneas, seguido de pendientes mayores a 25% siendo zonas restringidas para uso urbano, pero adecuadas para la conservación y ecoturismo (POBC, 2003).

3.2.3. Disección vertical

La disección vertical es un parámetro morfométrico que representa la amplitud del relieve (altura relativa) por unidad de área, este parámetro nos ofrece información sobre la energía del relieve, dentro del municipio Playas de Rosarito el tipo de disección vertical con mayor representatividad lo comprenden las montañas ligeramente diseccionadas (100 a 250 m/km²) con un 50% de la superficie total, estas formaciones se localizan en la zona sureste del municipio; las llanuras onduladas fuertemente diseccionadas son las de menor representatividad con un 0.4% que se concentra en la porción sur. Los principales centros de población se localizan en lomeríos y colinas fuertemente diseccionadas (80 a 100 m/km²), lomeríos y colinas ligeramente diseccionadas y llanura colinosa medianamente diseccionada, estas formaciones se encuentran en un 14% conforme a la Tabla III.3 y a la Figura III.3 de disección vertical.

Tabla III.3. Disección vertical del municipio de Playas de Rosarito.
Elaboración propia con datos de IMPLAN, 2014.

Disección vertical (m/km ²)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
Llanura colinosa ligeramente diseccionada(15-20)	27.16	5.5



Atlas de Riesgos del Municipio de Playas de Rosarito, 2015

Llanura colinosa medianamente diseccionada(20-30)	12.51	2.5
Llanura ondulada fuertemente diseccionada(10-15)	1.97	0.4
Montañas débilmente diseccionadas(100-250)	248.78	50.1
Lomeríos y colinas fuertemente diseccionados(80-100)	135.38	27.3
Lomeríos y colinas ligeramente diseccionados(40-60)	70.13	14.1
No disponible	0.51	0.1
TOTAL	496.44	100



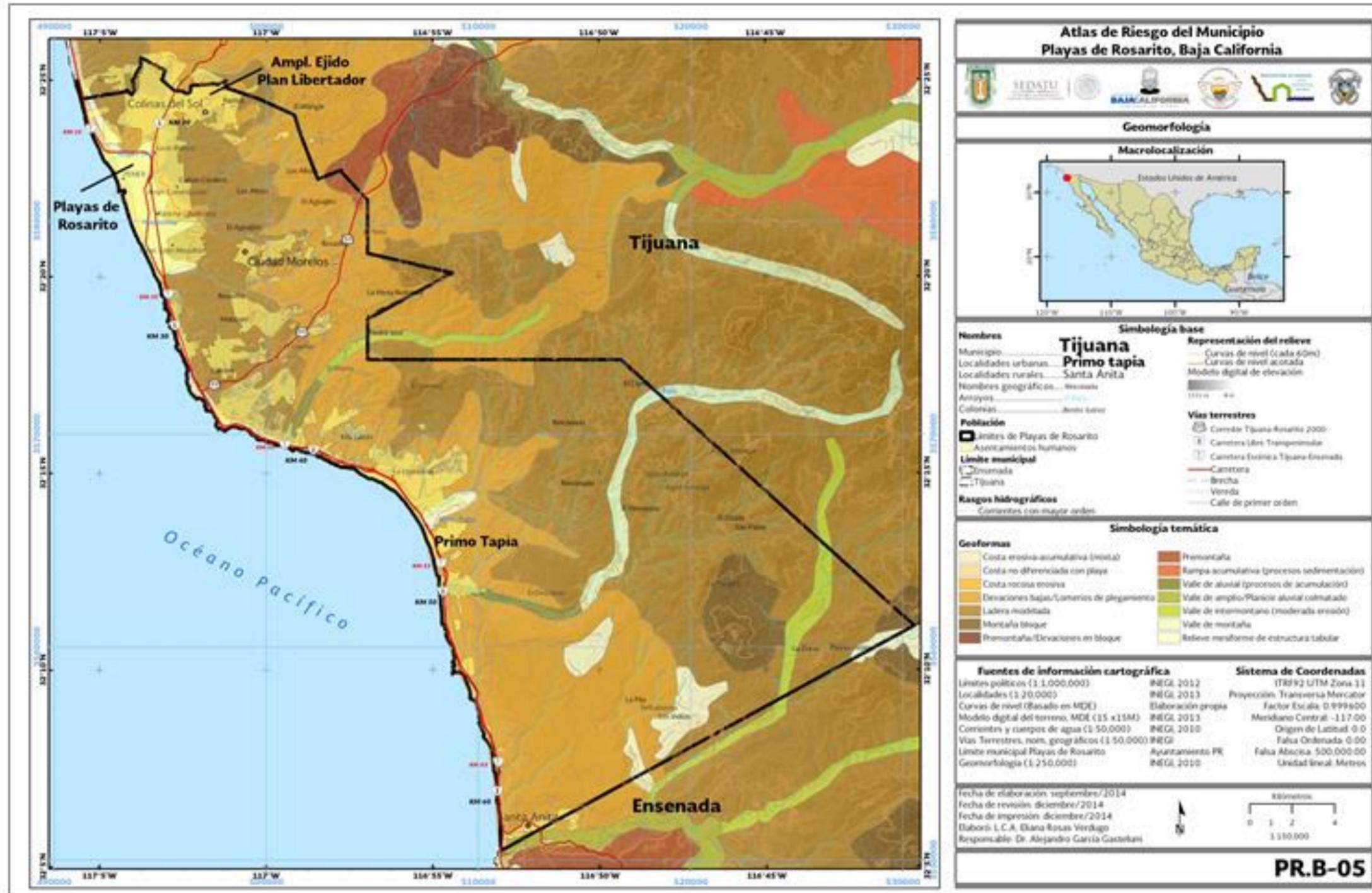


Figura III.2. Geomorfología del municipio de Playas de Rosarito.

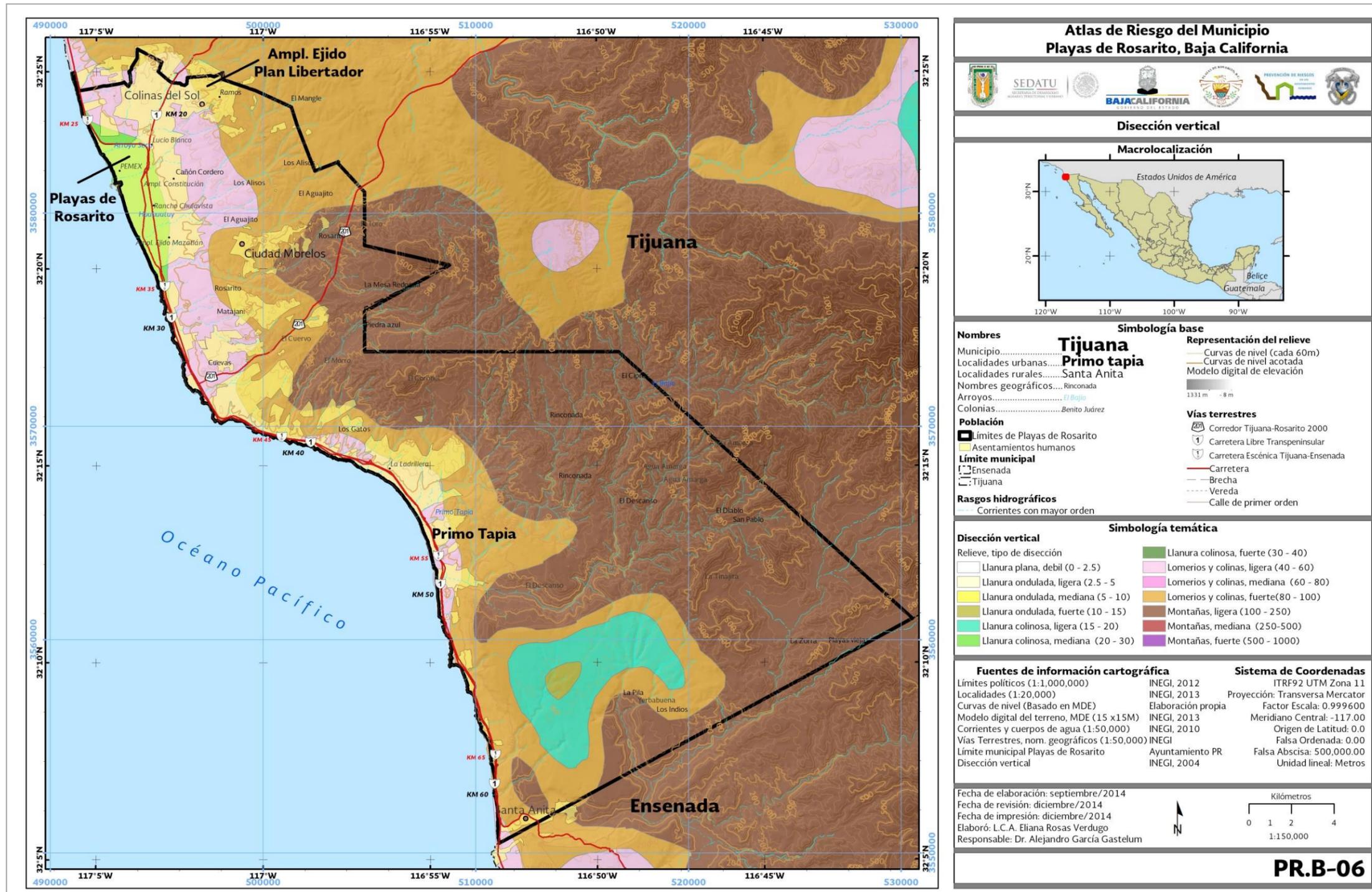


Figura III.3. Disección vertical del municipio de Playas de Rosarito.



3.3. Geología

3.3.1. Tipo de roca

Existe gran diversidad de rocas del Cenozoico y Mesozoico, destacando las rocas ígneas intrusivas, extrusivas y sedimentarias (INEGI, 2010b). Aproximadamente el 65% del territorio corresponde a rocas ígneas extrusivas: basalto (34.5%), andesita-toba intermedia (25.3%), toba ácida y andesita (4.2% y 1.5%, respectivamente); el 3.4% a rocas ígneas intrusivas: granodiorita (2.1%), diorita (0.9%), granito (0.4%); las rocas sedimentarias como arenisca y conglomerados figuran en un 27%; finalmente los suelos de tipo eólico, aluvial y litoral representan el 4% como se muestra en la Tabla III.4. Los centros de población descansan sobre roca de tipo arenisca, así como basalto y suelo de tipo litoral (Figura III.4).

Las zonas constituidas por materiales volcánicos extrusivos, es decir, roca basáltica, son las que concentran la porción urbana de mayor ocupación, representando un problema de deslizamientos o movimientos de terreno, por la inestabilidad del tipo de roca. Las formaciones geológicas del periodo Cuaternario denominadas aluviones pueden representar algún problema, ya que se forman por materiales detríticos, transportados por corrientes hídricas y bajo un evento extraordinario de lluvia pueden ser removidas y destruir todo lo que encuentre a su paso (POBC, 2003).

En lo que respecta a la zona urbana de la cabecera municipal de Playas de Rosarito los materiales mayormente expuestos corresponden a rocas volcánicas de la Formación Rosarito Beach del Mioceno. Inicialmente la roca expuesta era densa, con huecos originales y vesículas de color negro a café oscuro, en la actualidad se encuentra muy afectada por procesos de intemperismo, presenta múltiples segmentaciones causadas por fracturas de origen geológico y eventualmente por fallas. Al norte con el límite municipal de Tijuana en Ampliación Ejido Plan Libertador y hacia el este, hasta la cañada El Mangle, se han identificado materiales de la Formación San Diego Inferior del Plioceno que se caracterizan por ser sucesiones estratificadas de origen marino escasamente compactadas, dispuestas de manera alternada gravilla, arena, limo y arcilla en diferentes espesores y comportamientos. Al oeste el contacto con los materiales de la Formación Rosarito Beach es lateral, discordante por una falla geológica, expuesto en la localidad Ampliación Ejido Plan Libertador (parte baja). A partir del trazo de la autopista hacia el oeste, los materiales cambian de manera progresiva de depósitos de terraza del Pleistoceno a depósitos de litoral del Reciente. Los depósitos de tipo terraza tienen una disposición alternante casi horizontal, con presencia de arenas gruesas con alternancias de lentes y capas delgadas de gravas y boleas de color gris, todas las capas muestran escasa compactación (Mendoza et al. 2009).

Los depósitos de litoral corresponden a playas costeras con arena seleccionada a bien seleccionada. En los lechos de arroyos como la cañada Rosarito, el material es de tipo fluvio-aluvial, de composición arenosa y algunos cuerpos de grava y boleas, sin compactación, son producto del arrastre y redepositación de los materiales separados de su fuente original arroyo arriba (Mendoza et al. 2009).

Tabla III.4. Tipos de rocas dentro del área municipal y su superficie de ocupación.
Elaboración propia con datos de IMPLAN, 2014.

Tipo de roca	Clave	Cantidad	Era	Periodo	Nombre	Superficie (km ²)	Superficie (%)
Suelo	Q(al)		Quaternario	Cuaternario		7.85	1.58
Ígnea extrusiva	Ts(A)		Quaternario	Terciario superior o neógeno	Tapia	7.36	1.48
Ígnea extrusiva	K(A-Ti)		Quaternario	Cretácico	Tapia-Toba intermedia	125.66	25.31
Sedimentaria	Tpl(ar) Ks(ar)		Mesozoico	Terciario superior o neógeno Cretácico superior	Tapia	118.81	23.93
Ígnea extrusiva	Ts(B)	Roca	Cenozoico	Terciario superior o neógeno	Basalto	171.14	34.47
Sedimentaria	Q(cg)	Roca	Cenozoico	Cuaternario	Conglomerado	15.27	3.07
Ígnea intrusiva	K(D)	Roca	Mesozoico	Cretácico	Diorita	4.46	0.90
Suelo	Q(eo)	Suelo	Cenozoico	Cuaternario	Eólico	0.66	0.13
Ígnea intrusiva	K(Gr)	Roca	Mesozoico	Cretácico	Granito	2.13	0.43
Ígnea intrusiva	K(Gd)	Roca	Mesozoico	Cretácico	Granodiorita	10.43	2.10
Suelo	Q(li)	Suelo	Cenozoico	Cuaternario	Litoral	11.49	2.31
Ígnea extrusiva	Ts(Ta)	Roca	Cenozoico	Terciario superior o neógeno	Toba acida	20.67	4.16
No especificado						0.51	0.10
TOTAL						496.44	100

3.3.2. Fallas y fracturas

La región norte de Baja California, sur de California y los sistemas de fallas que controlan su dinámica, pertenecen a la zona de interacción de las placas Pacífico y Norteamérica. Esta interacción se manifiesta mediante un complejo sistema de fallas geológicas, algunas de las cuales disipan el componente principal del movimiento relativo entre placas, con deslizamiento lateral derecho, mientras que otras más, funcionan como fallas de ajuste de movimientos en distintas direcciones (Mendoza et al. 2009).

En la zona de Playas de Rosarito se localizan cinco fallas (INEGI, 1998) de las cuales tres son con caída de bloque (POBC, 2003). Las fallas se encuentran distribuidas en el municipio, en la parte norte se encuentran dos, una en el centro y las restantes en el sur. En las cercanías de la localidad Primo Tapia se han registrado importantes variaciones en la inclinación de capas de origen sedimentario y efectos por fallas geológicas (POBC, 2003). En la cañada El Morro se pueden apreciar diversos bloques estructurales y variaciones en la inclinación de las capas, el cañón El Descanso y sitios de la franja costera presentan condiciones similares (POBC, 2010).

El resto de las estructuras producto del tectonismo regional corresponden a fracturas ubicadas en diversos sitios a lo largo del municipio, primordialmente sobre cañadas. Se tienen identificadas tres zonas con presencia de fracturas, la primera al norte del municipio, otra sobre la carretera en la porción central a la altura de la cañada El Morro y la tercera al sureste del municipio cercana a San José de la Zorra (POBC, 2003).



La zona urbana de Playas de Rosarito está rodeada por fallas sísmicas activas, que pueden dar origen a terremotos de magnitudes mayores a 6.0, los cuales pueden resultar en intensidades según la Intensidad de Mercalli Modificada (IMM) de entre VII y X (Mendoza et al. 2009). En los registros del Servicio Sismológico Nacional se muestra que durante el mes de septiembre de 2014 se originó un sismo con epicentro a 55 km al suroeste de Playas de Rosarito, con una magnitud de 4.3 en la escala de Richter, en 2011 se registraron tres sismos de magnitudes entre 3.8 y 3.9.

3.3.3. Minas

Las rocas que afloran en el estado de Baja California varían en edad del Paleozoico al Reciente. Los cuerpos intrusivos de dimensiones batolíticas emplazados a finales del Mesozoico, causaron gran complejidad estructural generando condiciones favorables para el emplazamiento de un buen número de yacimientos minerales tanto metálicos como no metálicos. Por sus dimensiones e importancia destaca el pórfido cuprífero de El Arco, con su mineralización de cobre-oro y el yacimiento de oro-plata de San Felipe. Así mismo, se encuentran depósitos de cromo en la Isla de Cedro, yacimientos ferríferos como los de Santa Úrsula y El Manzano; vetas de oro y plata en diferentes localidades del Estado, como las de El Álamo, Chapala, Pioneer; y placeres acuíferos en Calmalli, El Socorro y Real del Castillo, entre otros. Existen diferentes tipos de yacimientos de minerales no metálicos, como caliza, yeso, diatomita, sal, arenas negras, talco, mármol, zeolita, barita, agregados pétreos, entre otros, siendo los de caliza, arena y grava los de mayor importancia (SE-SGM, 2013).

La porción norte del municipio de Playas de Rosario pertenece a la región minera Sierra Juárez y al Distrito minero del mismo nombre, en ésta se sitúan siete zonas mineralizadas: El Carrizo, José María Pino Suarez, Jasay-Las Margaritas, San Antonio, Real del Castillo Viejo, Ojos negros y La Huerta. La zona El Carrizo se caracteriza por tener vetas de cuarzo con sulfuros (SE-SGM, 2013).

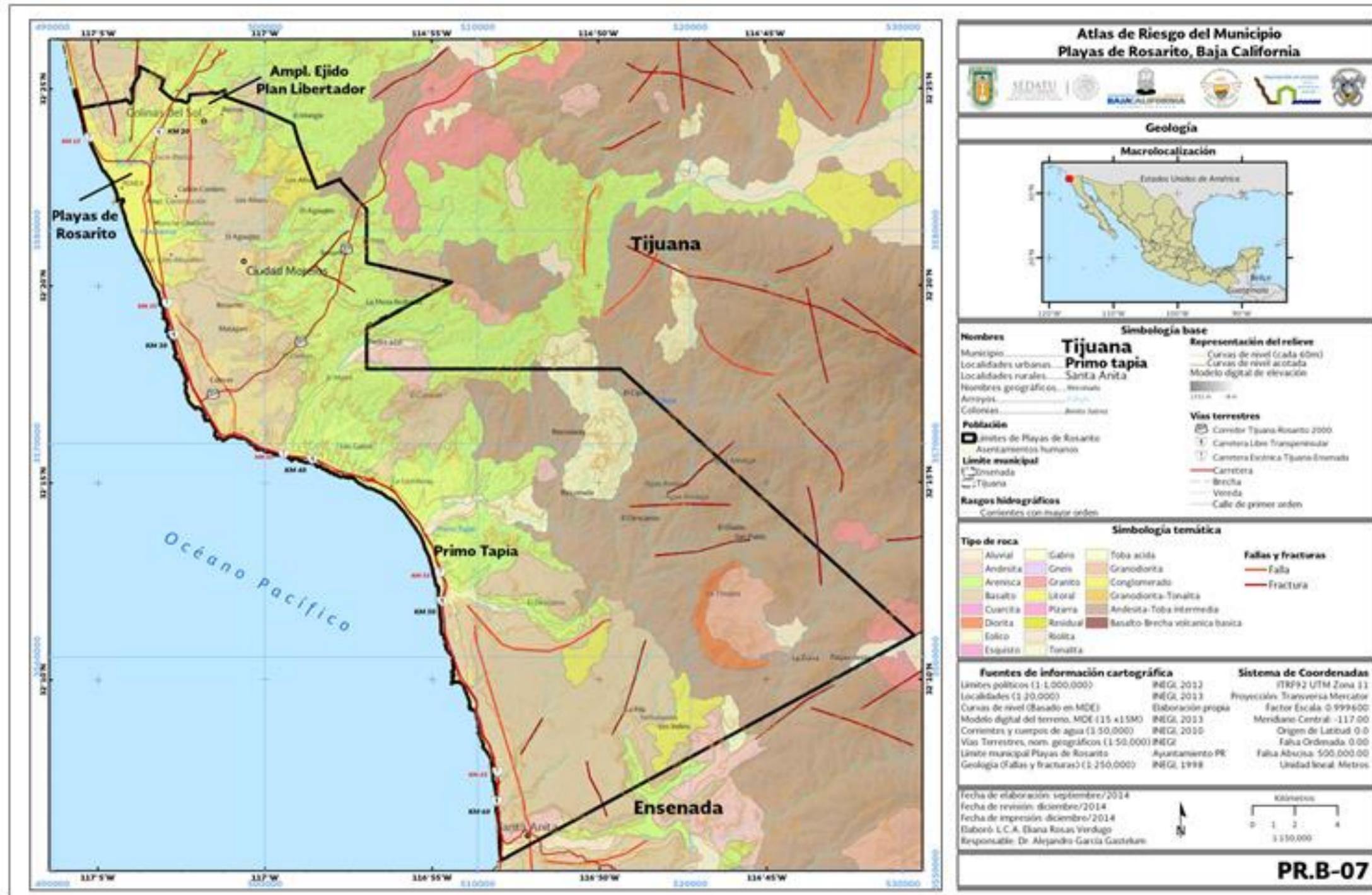


Figura III.4. Geología del municipio de Playas de Rosarito.



3.4. Edafología

La unidad de suelo predominante en el municipio es el litosol (I) con aproximadamente 36% al igual que el vertisol (V), seguido de regosol (R) con un 20.6%, y el porcentaje restante lo conforman suelos de tipo fluvisol (J), feozem (H) y xerosol (X) de acuerdo a la clasificación FAO-UNESCO, como se muestra en la Figura III.5 y Tabla III.5. El suelo en donde se encuentran los centros de población del municipio, en su totalidad es de tipo vertisol, con subsuelo crómico y presentan una textura fina.

Las distintas unidades de suelo tienen características particulares entre las que destacan (INEGI, 2004b):

- Litosol: se encuentra en todos los climas y con muchos tipos de vegetación, caracterizado por presentar una profundidad menor de 10 cm, limitada por la presencia de roca. La fertilidad natural de este tipo de suelo, así como la susceptibilidad a la erosión es muy variable ya que depende de los factores ambientales. Estos suelos pueden destinarse al pastoreo.
- Vertisol: predominan en la parte norte y zona costera del municipio, este tipo de suelo en la estación seca se vuelve muy duro y plástico (POBC, 2003; POBC, 2010). El suelo de tipo vertisol se caracteriza por su alto contenido de arcilla (>30%), la cual es expandible en húmedo formando superficies de deslizamiento conocidas como facetas y que por ser colapsables en seco, pueden formar grietas en la superficie a determinada profundidad, son suelos fértiles pero su dureza dificulta su labranza, tienen baja susceptibilidad a la erosión y alto riesgo de salinización.
- Fluvisol: se forma de materiales acarreados por agua, son suelos muy poco desarrollados, medianamente profundos y muestran generalmente estructura débil o suelta, como efecto de la corriente presentan capas alternadas de arena con piedras.
- Regosol: no presentan capas muy diferenciadas entre sí, son pobres en materia orgánica, frecuentemente son someros, su fertilidad es variable y su productividad está condicionada a la profundidad y pedregosidad. Son suelos sueltos como dunas, playas, ceniza volcánica, son muy permeables.
- Feozem: se caracteriza por tener una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y en nutrientes, su profundidad es variable, cuando alcanzan grandes profundidades se emplean para agricultura de riego o temporal, mientras que los menos profundos tienen rendimientos bajos y se erosionan con facilidad, sin embargo pueden ser utilizados para el pastoreo o la ganadería.
- Xerosol: se localiza en zonas áridas y semiáridas del centro y norte de México, su vegetación natural es matorral o pastizal, presentan una capa superficial de materia orgánica, debajo de esta capa se encuentra un suelo rico en arcillas. Son suelos de baja susceptibilidad a la erosión, salvo en laderas o si están directamente sobre caliche o tepetate a escasa profundidad.

Tabla III.5. Unidades de suelo del municipio de Playas de Rosarito.

Elaboración propia con datos de IMPLAN, 2014.



Atlas de Riesgos del Municipio de Playas de Rosarito, 2015

Unidad de suelo	Subsuelo	Textura	Superficie (km ²)	Superficie (%)
Feozem	calcárico	Fina	5.4	1.1
Feozem	háplico	Media	9.3	1.9
Litosol		Media y Gruesa	179.6	36.1
Fluvisol	éutrico	Gruesa	16.7	3.4
Regosol	éutrico	Gruesa y Media	102.1	20.6
Vertisol	crómico	Fina	180.4	36.3
Xerosol	háplico	Gruesa	0.04	0.01
Zona Urbana	No aplica	No aplica	2.4	0.5
No disponible			0.5	0.1
TOTAL			496.44	100

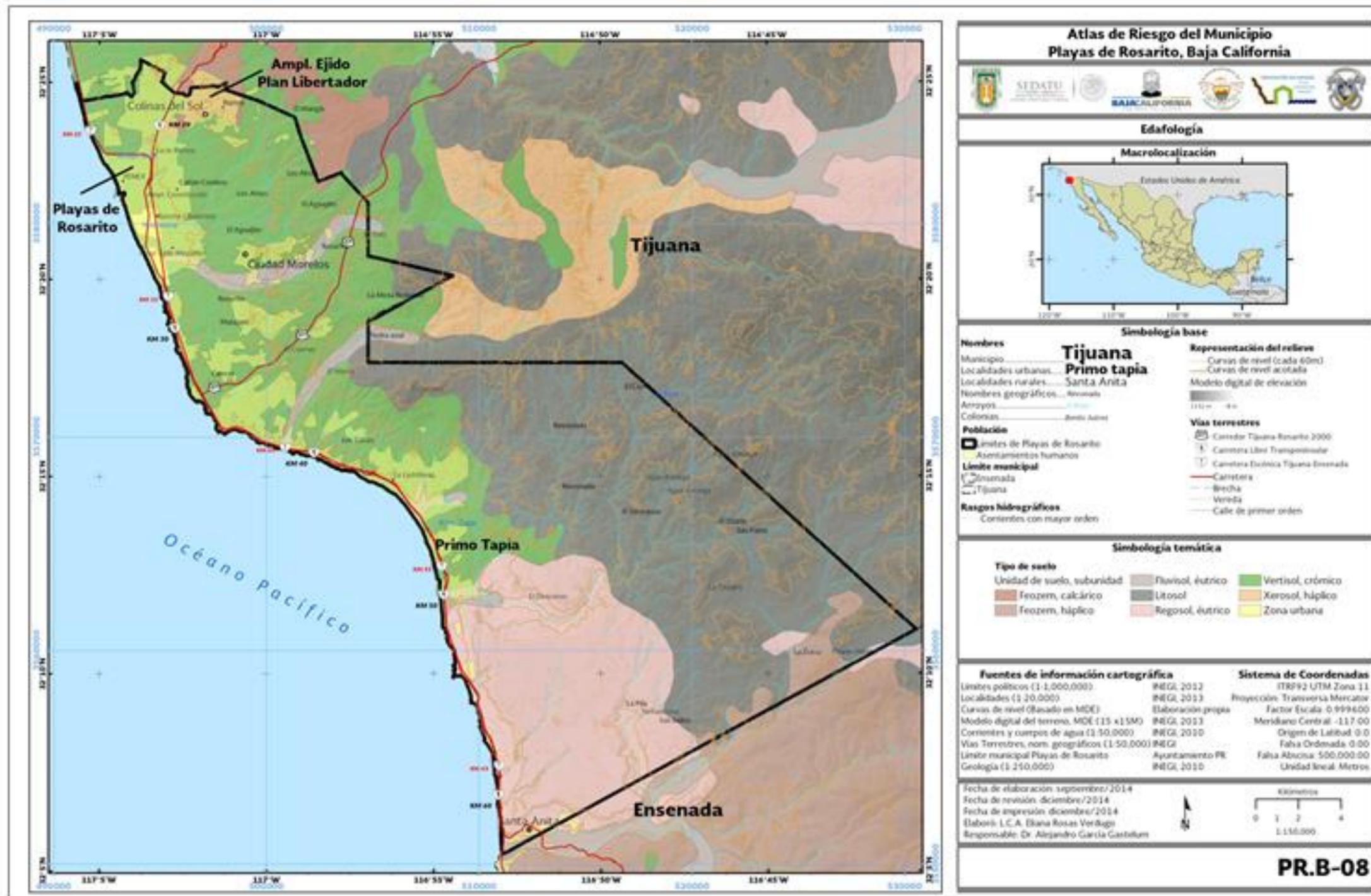


Figura III.5. Tipos de suelo del municipio de Playas de Rosarito.



3.5. Hidrología superficial

3.5.1. Corrientes

En la Península de Baja California la mayoría de las corrientes son de escasa importancia, siendo los más sobresalientes el río Tijuana y Colorado ambos de carácter internacional. El primero se forma por la unión del río Las Palmas y El Alamar que se originan en el país vecino, al unirse pasan por la ciudad de Tijuana de la cual adquiere su nombre, tiene una longitud de 186 km y un escurrimiento natural de 78 hm³/año considerando únicamente la parte mexicana. El segundo, el Colorado, se origina en Estados Unidos de América y desemboca en el Golfo de California en territorio mexicano, con una longitud de 160 km y área de cuenca de 3,840 km² también considerando solamente la porción mexicana, el escurrimiento natural corresponde a 1,863 hm³/año, la mayor parte corresponde a los 1,850 hm³ que son entregados a México conforme al Tratado de 1944 sobre la distribución de aguas internacionales entre los Estados Unidos Mexicanos y los Estados Unidos de América (CONAGUA, 2012).

Entre las corrientes de agua intermitentes en el municipio se encuentran, El Aguajito, El Bajío, El Ciprés, El Descanso, El Mangle, El Morro, La Cuca, La Mesa Redonda, La Pila, La Zorra, Las Avispas, Rinconada, R. Rosarito, San José, San Pablo, Yerbabuena y arroyo Seco como se observa en la Figura III.6 (INEGI, 2010b), mismas que se encuentran diferencias por rasgos geográficos como el nombre de la cañada.

Las condiciones geológicas y morfológicas de la vertiente oceánica de la región, ofrecen pocas posibilidades de retención natural de aguas de origen pluvial o glacial. Obras de ingeniería como la Presa Rodríguez en Tijuana o la López Zamora en Ensenada, se convierten de manera esporádica en reservas de agua que posibilitan la retención continental de agua en depósitos artificiales, en periodos cortos. De igual manera dichas condiciones limitan la existencia de ríos con flujo base anual. Aún los ríos y arroyos más importantes como el río Tijuana o el arroyo Guadalupe de la Misión de San Miguel Arcángel, son considerados de flujo intermitente (POF, 2010). El poco escurrimiento natural de agua superficial utilizable sin considerar los 1,850 hm³ provenientes de los EUA, se concentra en algunas localidades de los municipios de Ensenada, Tecate, Tijuana y Playas de Rosarito, sin embargo, no existe suficiente infraestructura de almacenamiento.

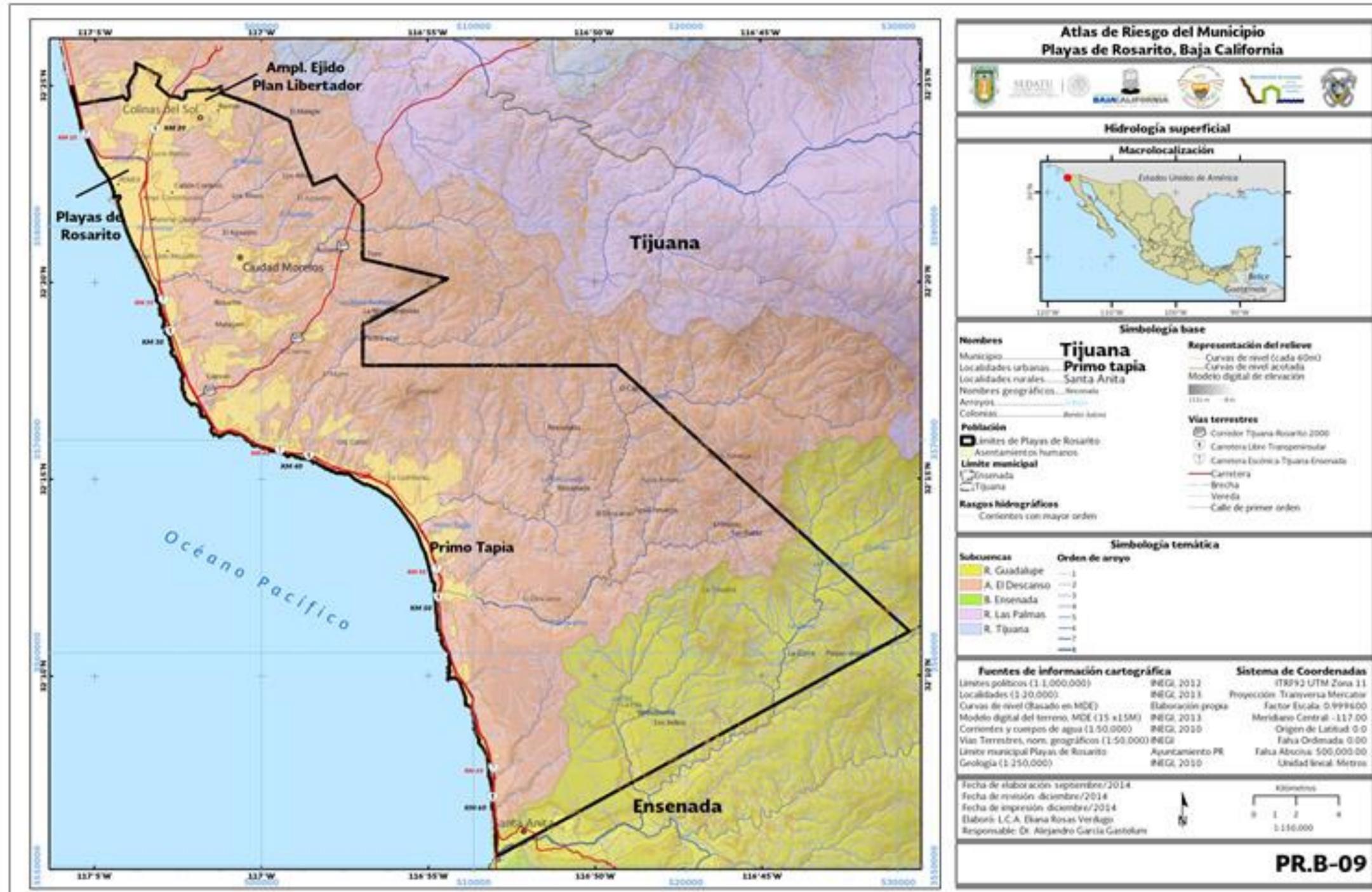


Figura III.6. Hidrología superficial del municipio de Playas de Rosarito.



3.6. Cuencas y Sub-cuencas

3.6.1. Regiones hidrológicas

El municipio pertenece a la Región Hidrológica I, Baja California Noroeste, ubicada en la porción centro-noroeste del Estado de Baja California, comprende corrientes de carácter internacional desembocando en el Océano Pacífico. Presenta una amplia red formada por ríos y numerosos arroyos en su mayoría intermitentes como los ríos Tijuana y Tecate y los arroyos Guadalupe, Las Palmas, Santo Tomás, San Vicente, San Telmo, San Carlos, Santo Domingo y el Rosario. Existen tres presas de almacenamiento para uso doméstico y actividades agropecuarias e industriales (GobBC, 2013).

3.6.2. Cuencas

La región hidrológica I, se divide en tres cuencas: Cuenca Arroyo Escopeta-Cañón de San Fernando con una superficie de 8,943.42 km², delimitada por el Cañón de San Francisco, tiene como subcuencas intermedias la del Cañón de San Fernando, Cañón de San Vicente, Arroyo El Rosario, Arroyo del Socorro, Arroyo San Simón y Arroyo de la Escopeta; la cuenca Arroyo Animas-Arroyo Santo Domingo drena un área de 9,889.31 km² y tiene como subcuencas el Arroyo Santo Domingo, Río San Telmo, Río San Rafael, Arroyo Salado, Río San Vicente, Río Santo Tomás y Arroyo Las Animas; la cuenca Río Tijuana-Arroyo de Maneadero por su parte tiene una superficie de 7,905.73 km² y está integrada por las subcuencas Arroyo de Maneadero, B. Ensenada, Río Tijuana, Río Las Palmas, Arroyo El Descanso, y Río Guadalupe, en estas dos últimas ubicamos al municipio de Playas de Rosarito (Figura III.7 y Tabla III.6), (GobBC, 2013; INEGI, 2010b). Las zonas urbanas del municipio se concentran en la subcuenca A. El Descanso.

Tabla III.6. Características de las cuencas y subcuencas del municipio de Playas de Rosarito.
Elaboración propia con datos de IMPLAN, 2014.

Región hidrológica	Cuenca	Subcuenca	Tipo	Drenaje	Total de descargas	Superficie (Km ²)	Superficie (%)
Baja California Noroeste (Ensenada)	R. Tijuana - A. de Maneadero	A. El Descanso	Abierta	Mar	71	388.3	78.2
		R. Guadalupe	Abierta	Mar	1	108.14	21.8
TOTAL						496.44	100

3.6.3. Acuíferos

En la entidad no existen escurrimientos superficiales permanentes, lo que tiene una repercusión en la recarga de los acuíferos. La red hidrográfica es muy reducida, la evaporación es elevada y existen condiciones geológicas adversas, puesto que la mayor parte de unidades de roca permiten que el agua fluya libremente debido a las elevadas pendientes, siendo así que sólo una mínima parte de los escurrimientos llega a los acuíferos, por lo tanto la distribución de los acuíferos no es homogénea y se concentra en áreas relativamente pequeñas (GobBC, 2013). Los acuíferos La Misión, Pozo No. 2 y el acueducto La Misión-Tijuana representan las principales fuentes de abastecimiento de agua (POBC, 2012).

En el municipio se encuentran cuatro acuíferos: Los Médanos, Rosarito, El Descanso, La Misión, este último es el único que de acuerdo con el Diario Oficial de la Federación en 2013, se encuentra sobreexplotado presentando un déficit de -2.08 como se puede ver en la Tabla III.7 (Figura III.8). Las localidades de Playas de Rosarito y Ampliación Ejido Plan Libertador, se abastecen del acuífero Rosarito, mientras que la localidad de Primo Tapia se encuentra en los acuíferos El Descanso y Los Médanos.



A continuación se presenta una descripción breve de las características generales de los acuíferos (CONAGUA, 2008):

- Acuífero 204 Los Médanos: se sitúa en los municipios de Tijuana y Playas de Rosarito. El acuífero es de tipo libre, debido a las características de los materiales, no existe la presencia de un drenaje bien marcado, la escasa lluvia y la topografía del terreno lo impiden, como consecuencia las corrientes de agua que aquí se forman son de tipo intermitente. Tiene una disponibilidad de 0.75 millones de m³/año.
- Acuífero 245 Rosarito: geopolíticamente la mayor parte del área del acuífero se localiza en el municipio de Tijuana, y una porción menor al sur, dentro del municipio Playas de Rosarito. El acuífero es de tipo libre de acuerdo con la geología del subsuelo y la estratigrafía. La recarga total media anual que recibe el acuífero es de 6.2 hm³/año, por su parte el volumen de extracción es de 4, 181,464 m³/año.
- Acuífero 203 El Descanso: ubicado en los municipios Tecate y Playas de Rosarito. Es un acuífero libre conformado por sedimentos aluviales y areniscas; recibe una recarga media anual de 2.7 hm³/año; el volumen de extracción anual corresponde a 1, 846,039 m³/año y la disponibilidad de aguas subterráneas es de 0.453961 hm³/año.
- Acuífero 206 La Misión: se localiza en la porción noroeste del estado de Baja California. Es un acuífero libre con altos índices de permeabilidad gracias a su cubierta de materiales granulares saturados. La recarga natural del acuífero corresponde a 5.8 mm³/año que provienen de la infiltración de agua de lluvia y de la recarga horizontal procedente de las zonas de recarga, por otra parte la recarga total media anual es de 6.5 mm³/año y el volumen de extracción asciende a los 7, 428,785 m³/año.

Tabla III.7. Características de los acuíferos del municipio Playas de Rosarito.

Elaboración propia con datos del DOF.

Clave acuífero	Acuífero	Disponibilidad	Condición	Disponibilidad media anual de agua subterránea (millones m ³ /año)	Déficit (millones m ³ /año)	Volumen concesionado (millones m ³ /año)	Recarga media anual	Superficie (km ²)	Superficie (%)
0204	Los Médanos	Con disponibilidad de agua subterránea	En equilibrio	0.753754	0.000	0.946246	1.8	76.9	15.4
0245	Rosarito	Con disponibilidad de agua subterránea	En equilibrio	1.605405	0.000	4.094595	6.2	142.3	28.7
0203	El Descanso	Con disponibilidad de agua subterránea	En equilibrio	0.863732	0.000	1.436268	2.7	134.3	27.1
0206	La Misión	Sin disponibilidad de agua subterránea	Sobreexplotado	0.0000	-2.0828	7.582832	6.5	142.3	28.7
	No disponible							0.64	0.1
TOTAL								496.44	100

3.6.4. Escurrimiento

El volumen de escurrimiento natural medio superficial en la región es de 1,517 hm³/año. Las cuencas Punta Eugenia y San Ignacio son consideradas las más importantes, en cuanto a volumen de escurrimiento natural superficial, con un volumen de 182 y 96 hm³. Por su parte Ensenada, Baja California es una de las células con mayor escurrimiento y las de menor volumen son Playas de Rosarito y Tecate (CONAGUA, 2012).

3.6.5. Unidades geohidrológicas



Existen tres unidades geohidrológicas en el municipio que son material consolidado con posibilidades bajas, material no consolidado con posibilidades medias y material no consolidado con posibilidades altas. Identificándose en su mayoría material consolidado con posibilidades bajas, al sur, este y noroeste del municipio en partes muy bajas o muy altas. Por las características y condiciones geohidrológicas las posibilidades de recarga acuífera son desfavorables en estas zonas, ya que la permeabilidad que poseen es baja debido a su escaso fracturamiento y bajo grado de disolución, por lo que no son susceptibles de contener agua económicamente explotable (POBC, 2012).

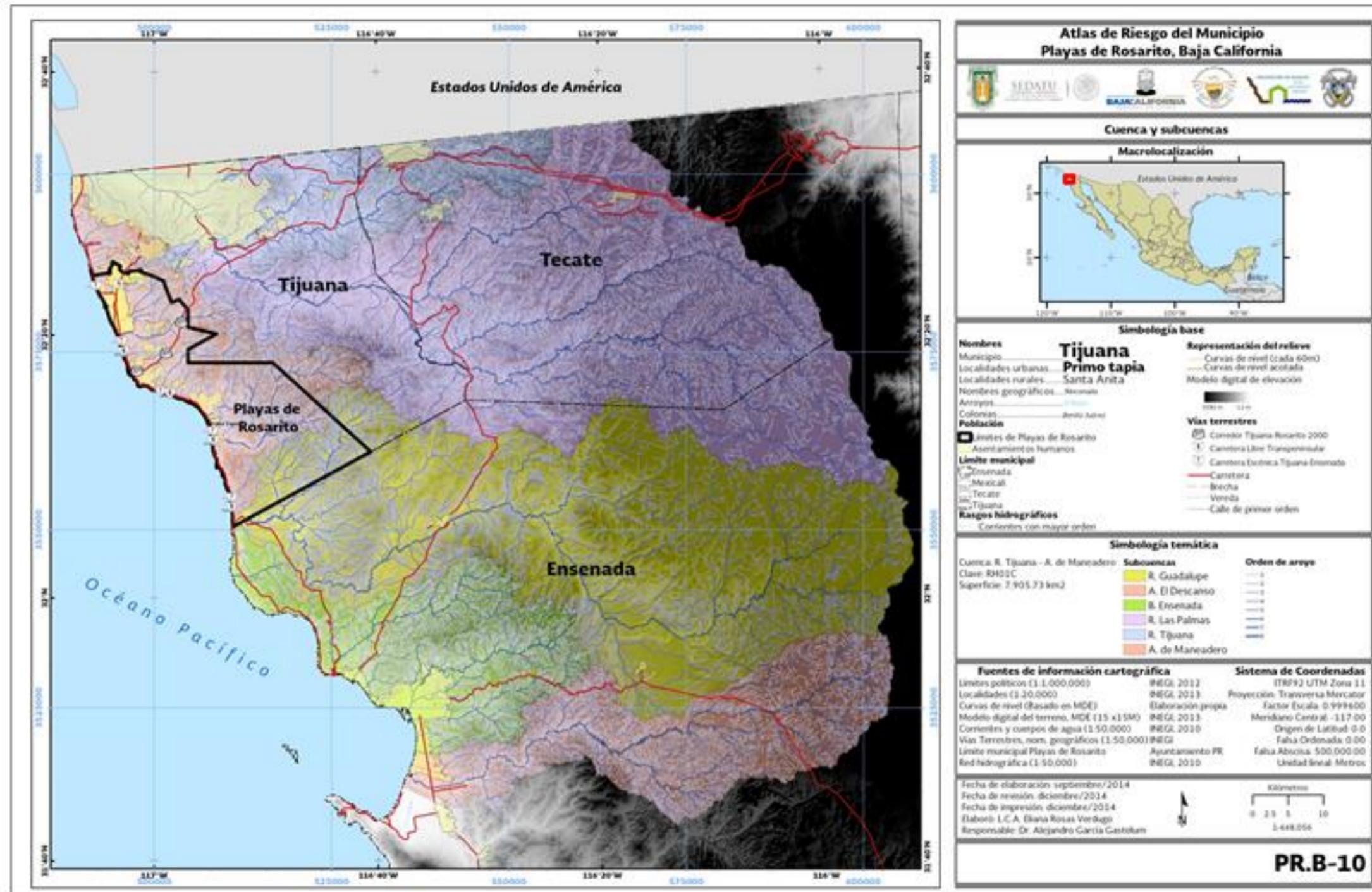


Figura III.7. Cuencas y subcuencas en el municipio de Playas de Rosarito.

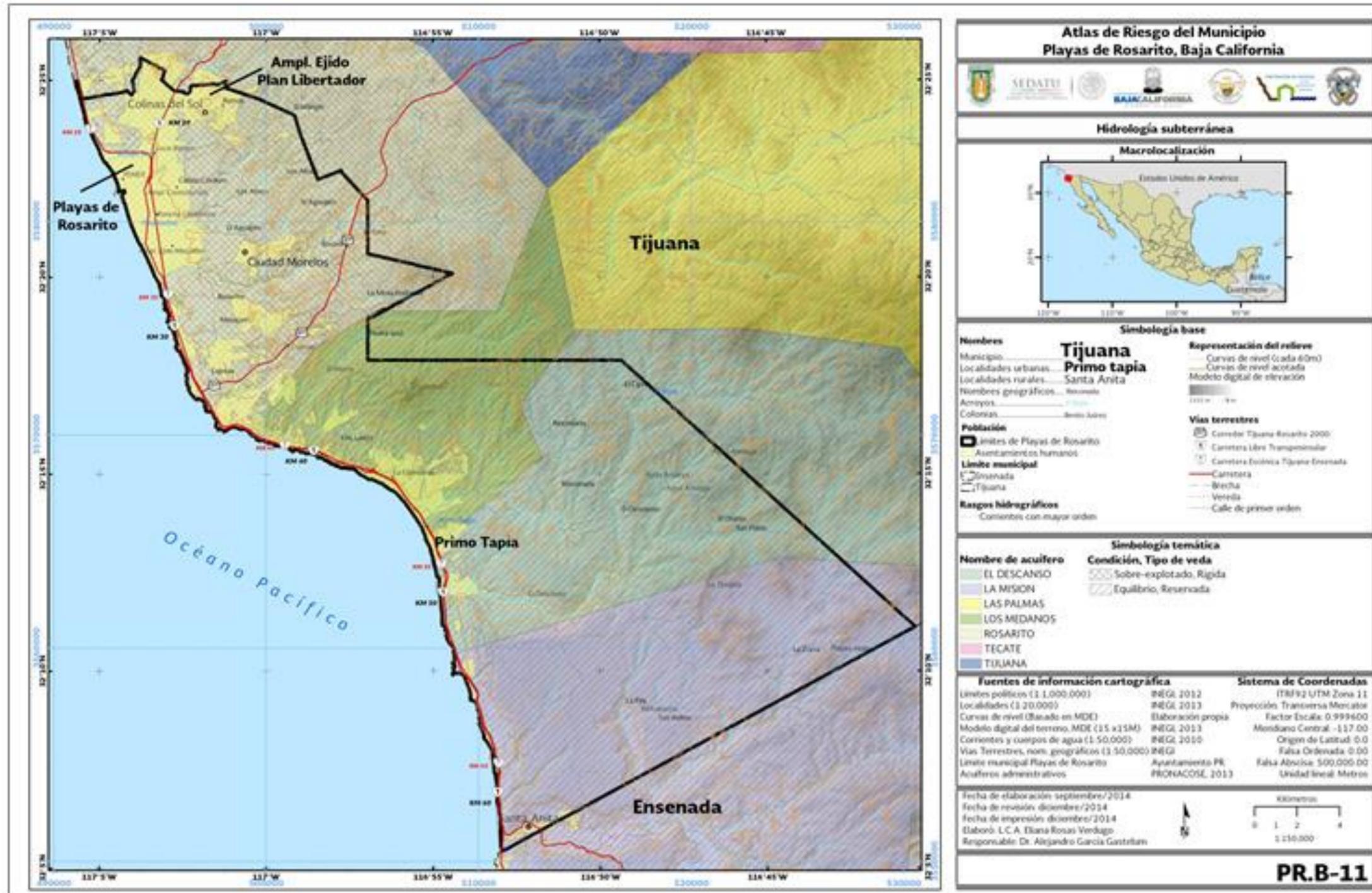


Figura III.8. Acuíferos en el municipio de Playas de Rosarito.



3.7. Clima

Los factores determinantes del clima de una zona son la latitud, altitud, distancia al mar, vegetación, continentalidad, corrientes marinas, los vientos regidos por perturbaciones e incluso el ser humano (INEGI, 2008). El clima de la Península de Baja California es en general muy seco o seco, con partes templadas en la región norte y las zonas serranas. De acuerdo a la clasificación de Köppen se distinguen cuatro climas, el semidesértico comprendido desde la parte baja del Delta del Río Colorado hasta la planicie oriental; árido templado también llamado templado seco desde la frontera noroeste hasta el Valle de San Quintín, siendo éste el clima del municipio de Playas de Rosarito (Figura III.9); templado húmedo en la parte central montañosa y desértico al sur y en las planicies (CONAGUA, 2012).

3.7.1. Precipitación

En Baja California las lluvias se presentan en invierno con un valor medio anual de 180 mm, en la mayor parte de la región las lluvias son muy escasas con una gran variabilidad espacial, en la porción noroeste de Baja California la precipitación media anual varía de 200 a 400 mm, mientras que en la parte centro desde la línea de costa hasta las zonas de mayor altitud en la Sierra de San Pedro Mártir, varía de 100 a 600 mm y en la porción sur la precipitación varía de 100 a 200 mm (CONAGUA, 2012). En Playas de Rosarito se tiene un promedio anual de 273 mm de lluvia, las mayores precipitaciones se registran en los meses de enero y febrero (188.30 mm y 69.90 mm respectivamente) con nueve días de lluvia, la humedad es alta (78.5%) producto de la cercanía con el mar (POBC, 2012). El porcentaje de lluvia invernal para el tipo de clima árido templado (BSks) es mayor al 36% del total anual.

El clima con lluvias en invierno permite el desarrollo de la agricultura de temporal que explota gramíneas como la avena, la cebada y el trigo temporalero. En la región de Playas de Rosarito prácticamente no existe la agricultura de riego (POBC, 2003).

Los registros promedio de los últimos 10 años de acuerdo a CONAGUA, muestran que en la zona urbana de Playas de Rosarito la precipitación media anual es de 115.5 mm, con un máximo en diciembre de 24.7 mm y un mínimo en el mes de junio de 0.3 mm (Tabla III.8), por otro lado los registros de 10 años de lluvias máximas mensuales en 24 horas, tiene el registro más alto en el mes de diciembre con 77 mm y una media de 13.8 mm, mientras que en el mes de junio, el máximo es de 10 mm, con una media de 0.3 mm (Tabla III.9). La importancia de esta información radica en que son tomados como parámetros de medición en caso de presentarse lluvias extraordinarias, para acceder mediante los mecanismos adecuados a los recursos extraordinarios disponibles en caso de declaratorias ya sean de desastre natural o de emergencia.

Tabla III.8. Precipitación total mensual (mm)

Fuente: CONAGUA, 2014.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Mínima	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Media	16.7	21.2	11.1	3.4	1.0	0.3	1.3	3.5	11.1	10.4	10.8	24.7
Desv-Estd	20.0	23.8	18.5	6.0	4.6	1.6	4.0	8.1	22.2	21.5	13.3	31.7
Media-Desv	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Tabla III.9. Lluvias máximas en 24 horas (mm), registradas en Playas de Rosarito.

Fuente: CONAGUA, 2014.



	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Máxima	42.0	40.0	45.0	19.0	28.0	10.0	24.0	34.0	71.0	67.0	60.0	77.0
Media	9.6	11.5	6.4	2.5	1.0	0.3	1.2	3.1	8.6	7.7	7.7	13.8
Desv-Estd	9.8	11.0	9.0	4.3	4.4	1.5	3.9	7.3	17.6	14.8	10.2	17.2
90 % prob.	28.0	28.1	14.8	10.2	0.5	0.5	3.0	10.2	46.0	21.0	20.5	42.3

En cuanto a granizadas, a excepción del mes de marzo con un día de granizada, no se tienen registros oficiales de días con granizo para el resto del año, no significando esto que no pudieran hacerse presentes (Tabla III.10).

Tabla III.10. Número de días con granizo en Playas de Rosarito.

Fuente: CONAGUA, 2014.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Máxima	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Media	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Desv-Estd	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Media-Desv	0.0	0.0	-0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

3.7.2. Temperatura

La temperatura media anual de la región varía entre 12°C y 18°C; en la porción costera se registra una temperatura media de 16°C que puede presentar oscilaciones de 9.6°C, la mayor temperatura se registra en el mes de agosto con valores menores a 22°C, la más baja en enero con temperaturas entre -3°C y 18°C (POBC, 2010).

Por otro lado, las temperaturas mínimas importantes para el sector agrícola, tienen como extremo inferior 6.9°C en el mes de febrero en 1979 y una mínima diaria de 0°C para noviembre de 1972, estos datos provienen del Servicio Meteorológico Nacional de los registros de la estación 2017 Planta de bombeo Rosarito, de un periodo comprendido de 1951 a 2010 (Tabla III.11). La temperatura máxima mensual registrada es de 30.3°C que corresponde al mes de agosto de 1974, mientras que la máxima diaria alcanzó los 41.5°C en el mes de septiembre (Tabla III.12).

Tabla III.11. Temperatura mínima mensual (°C).

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Normal	9.8	9.6	9.9	11	12.6	14.4	15.9	16.9	16	14.6	11.9	10.3
Mínima mensual	7.5	6.9	7.4	9.2	10.3	12.5	13.3	15.1	14.9	12.9	10.1	7.5
Año de mínima	1972	1979	1982	1975	1988	1970	1977	1974	1971	1971	1982	1978
Mínima diaria	2	2	1	2	7	10	10	10	9	6	0	1.5
Años con datos	17	16	16	15	17	15	14	17	18	16	16	16

Tabla III.12. Temperatura máxima mensual (°C).

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Normal	19.1	19	18.6	19.7	20.6	21.8	23.2	24.9	24.2	23.3	21.3	19.6
Máxima mensual	25.4	23.3	21.4	22.3	24.2	23.7	25.2	30.3	28.4	29.1	25.6	24
Año de máxima	1980	1980	1982	1986	1988	1981	1972	1974	1983	1983	1976	1979
Máxima diaria	33.5	32.5	31.5	31	34.5	40	32	34	41.5	38	36.5	31.5
Años con datos	17	16	16	15	16	15	14	17	18	16	16	16

3.7.3. Vientos

Los vientos dominantes en la región provienen del noroeste y suroeste registrando una intensidad de 10 km/hr durante todo el año, durante la primavera, particularmente en abril y mayo se presentan con mayor intensidad (GobBC, 2013). En invierno los vientos son de oeste-este con velocidad de 3.5 m/s, de norte-sur con velocidad de 3.5 m/s y de este-oeste con velocidad de 2.5 m/s. En verano la dirección es oeste-este y de norte-sur con una velocidad de 3.5 m/s (POBC, 2002).

Los vientos Santa Anta son un fenómeno local que se presenta anualmente en la estación de otoño (septiembre a diciembre) en la región de la costa, sus efectos se extienden sobre el Océano Pacífico frente a las costas de California y de la Península de Baja California. La velocidad de estos vientos llega a alcanzar los 35 nudos a través de pasajes y cañones, con rachas hasta de 50 nudos, los más fuertes llegan a alcanzar los 60 o hasta 100 nudos, siendo por la noche cuando se manifiestan con mayor magnitud (POBC, 2010). En general la condición climática conocida como Santa Ana se caracteriza por la presencia de vientos provenientes de regiones desérticas, con temperaturas elevadas, extremadamente baja humedad y condiciones de cielo completamente despejado (Castro et al. 2003).

La Tabla III.13 y Figura III.9 muestran el tipo de clima árido templado, rangos de temperatura media anual, mínima y máxima y la temporada de lluvias del municipio de Playas de Rosarito.

Tabla III.13. Tipo de clima presente en el municipio de Playas de Rosarito.



Elaboración propia con datos de IMPLAN, 2014.

Tipo de clima	Clasificación de Köppen	Temperaturas	Precipitación	Superficie (km ²)	Superficie (%)
Árido, templado	BSks	Temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C, temperatura del mes más cálido menor de 22°C.	Lluvias en invierno, el porcentaje de lluvia invernal es mayor del 36% del total anual.	496.44	100

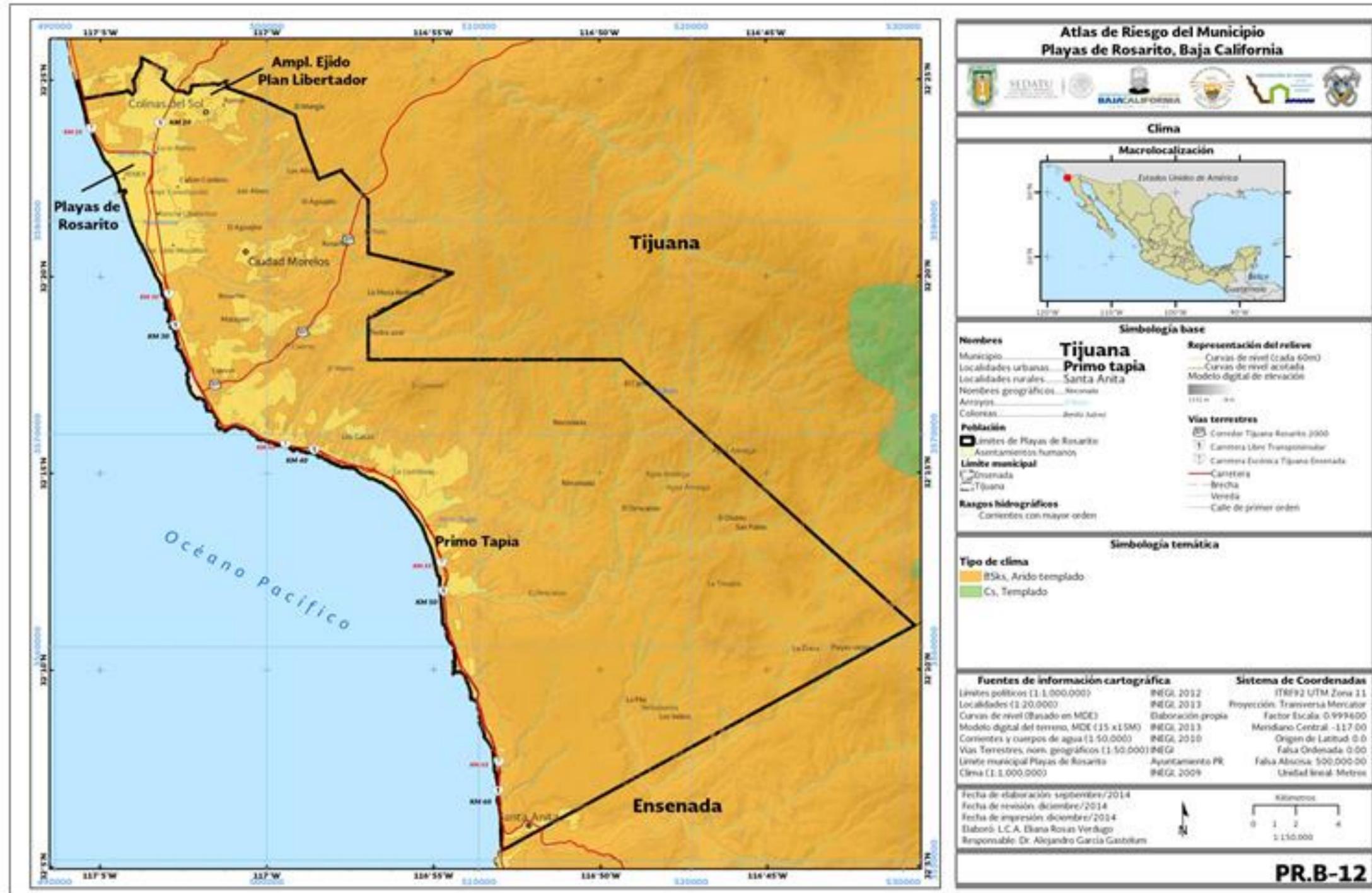


Figura III.9. Clima del municipio de Playas de Rosarito.



3.8. Uso de suelo y vegetación

3.8.1. Uso de suelo

El uso de suelo y vegetación de una región está determinado por las interacciones de los factores biofísicos (limitantes) como los suelos, el clima, la topografía, hidrografía entre otros y los factores humanos como la población, tecnología y condiciones económicas. El crecimiento de la mancha urbana, la actividad industrial y turística son los principales causantes del cambio de uso de suelo en la zona. El uso de suelo que destaca en el municipio es agrícola y urbano como se indica en la Figura III.10 y Tabla III.14, (INEGI, 2010b).

El municipio posee características particulares en lo referente a la distribución del uso de suelo, tal es el caso de la superficie desocupada conformada por terrenos baldíos rústicos y urbanos dispersos en toda la ciudad. La situación del uso de suelo obedece a una diversificación discontinua en donde el uso habitacional es predominante y rodea a una concentración importante de usos comerciales y servicios turísticos, los cuales se organizaron paralelamente en el boulevard Benito Juárez. Otro uso de suelo importante corresponde a las instalaciones de PEMEX y la termoeléctrica de la CFE ubicada al norte del poblado, cuya superficie equivale a un total de 149.48 ha (INAFED, 2010).

De acuerdo al PDUCP-PR y PDUCP-PT, Playas de Rosarito se ha especializado en ofrecer servicios destinados a la actividad turística, siendo el uso residencial turístico el segundo más importante después del uso habitacional como se denota en la Figura III.11; en tercer lugar encontramos el uso comercial y de servicios, seguido del equipamiento e industrial.

3.8.2. Vegetación

La región florística en donde se sitúa el municipio se denomina Californiana o Mediterránea, abarca desde el límite internacional con Estados Unidos de América hasta la altura de El Rosario, Baja California. Esta región cuenta con 795 géneros y 4,452 especies de plantas vasculares nativas, las comunidades vegetales presentes son: marismas, dunas, matorral costero, chaparral y bosque de coníferas (GobBC, 2013).

El tipo de vegetación predominante en Playas de Rosarito es el chaparral seguido de pastizal inducido, en menor proporción encontramos bosque de encino, matorral rosetófilo costero y finalmente vegetación de galería (vegetación riparia), como se observa en la Tabla III.14 y Figura III.10. El matorral rosetófilo costero está presente en cañadas y en las zonas más alejadas de los centros de población, su cobertura ha disminuido considerablemente. La vegetación riparia y de dunas costeras se distribuye en parches. Existe en la zona un número considerable de especies endémicas, sin embargo el cambio de uso de suelo que ocurre en gran parte del territorio municipal está originando una disminución (POBC, 2003).

La vegetación predominante está compuesta por romerillo, álamo, chamizo amargo, sauce, aliso, encino, agave, cacto de barril y aterciopelado, junco, chaparroso, trompo, mangle dulce, jojoba, cachal, tule, entre otras especies (INAFED, 2010).

Las características de los diferentes tipos de vegetación que encontramos en el municipio, se describen a continuación (INEGI, 2009b):



- Bosque de encino: las especies más comunes de estas comunidades son el encino laurelillo (*Quercus laurina*), encino amarillo (*Q. magnoliifolia*), encino blanco (*Q. candicans*), roble (*Q. crassifolia*), encino quebracho (*Q. rugosa*), encino tesmilillo (*Q. crassipes*), entre otros. Estos bosques han sido explotados a lo largo del país con fines forestales de extracción de madera para la elaboración de carbón y tablas cuyo uso final es doméstico, lo cual provoca que este tipo de vegetación tienda a fases secundarias, las que a su vez son incorporadas a la actividad agrícola y pecuaria.
- Chaparral: es una asociación de árboles esclerófilos de 1 a 4 m de alto, generalmente resistentes al fuego. Se encuentra en las llanuras, valles y lomeríos, entremezclados con otro tipo de vegetación como matorral desértico rosetófilo, matorral submontano, mezquital y bosques de pino y encino. Se desarrolla sobre suelos poco fértiles y de textura granular, en climas semicálidos y semifríos con baja humedad.
- Pastizal inducido: se caracteriza por la dominancia de gramíneas (pastos o zacates) o graminoides, que en condiciones naturales se desarrolla bajo la interacción del clima, suelo y biota.
- Agricultura de riego: agroecosistema en el cual se utiliza agua suplementaria para el desarrollo de los cultivos durante el ciclo agrícola.
- Agricultura de temporal: es un tipo de agricultura desarrollada en todos aquellos terrenos en donde el ciclo vegetativo de los cultivos que se siembran depende del agua de lluvia, por lo que su éxito obedece a la precipitación y la capacidad del suelo para retener el agua.
- Vegetación de galería: sus comunidades se desarrollan en los márgenes de los ríos y arroyos, siempre bajo condiciones de humedad. En general las alturas de estos elementos son distinguibles de los tipos de vegetación que los rodea.
- Matorral rosetófilo costero: caracterizado por especies con hojas en roseta, arbustos inermes y espinosos, así como cactáceas que se desarrollan sobre suelos de diversos orígenes, bajo la influencia de vientos marinos y neblina en la porción noroeste de la península de Baja California.

Tabla III.14. Tipo de vegetación y usos de suelo presentes en el municipio de Playas de Rosarito.
Elaboración propia con datos de IMPLAN, 2014.



Agrupación vegetal	Tipo de vegetación y usos de suelo	Fase de vegetación	Etapas de sucesión	Superficie (km ²)	Superficie (%)
Agrícola-pecuaria-forestal	Agricultura de riego	Ninguno	Anual	3.71	0.7
Agrícola-pecuaria-forestal	Agricultura de temporal	Ninguno	Anual	85.85	17
Complementaria	Asentamientos humanos	No aplicable	No aplicable	42.71	9
Ecológica-florística-fisonómica	Bosque de encino	Ninguno	Primario	8.95	2
Ecológica-florística-fisonómica	Chaparral	No disponible	No disponible	268.22	54
Ecológica-florística-fisonómica	Matorral rosetófilo costero	Arbustiva	Secundario	11.68	2
Ecológica-florística-fisonómica	Pastizal inducido	No disponible	No disponible	56.66	11
Ecológica-florística-fisonómica	Vegetación de galería	Ninguno	Primario	2.06	0.4
Complementaria	Zona urbana	No aplicable	No aplicable	16.14	3
No disponible				0.45	0.1
TOTAL				496.44	100



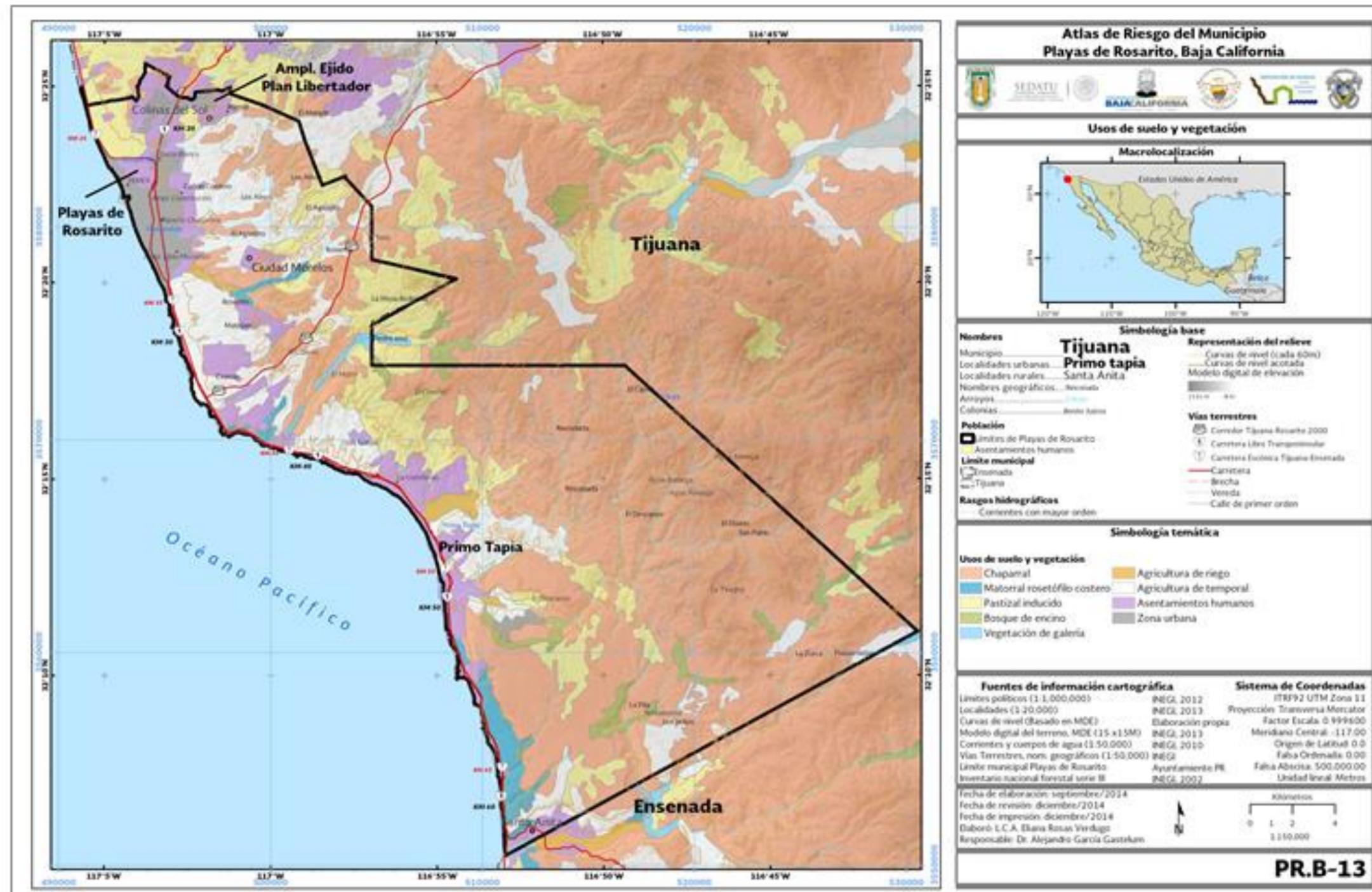


Figura III.10. Uso de suelo y vegetación del municipio de Playas de Rosarito.

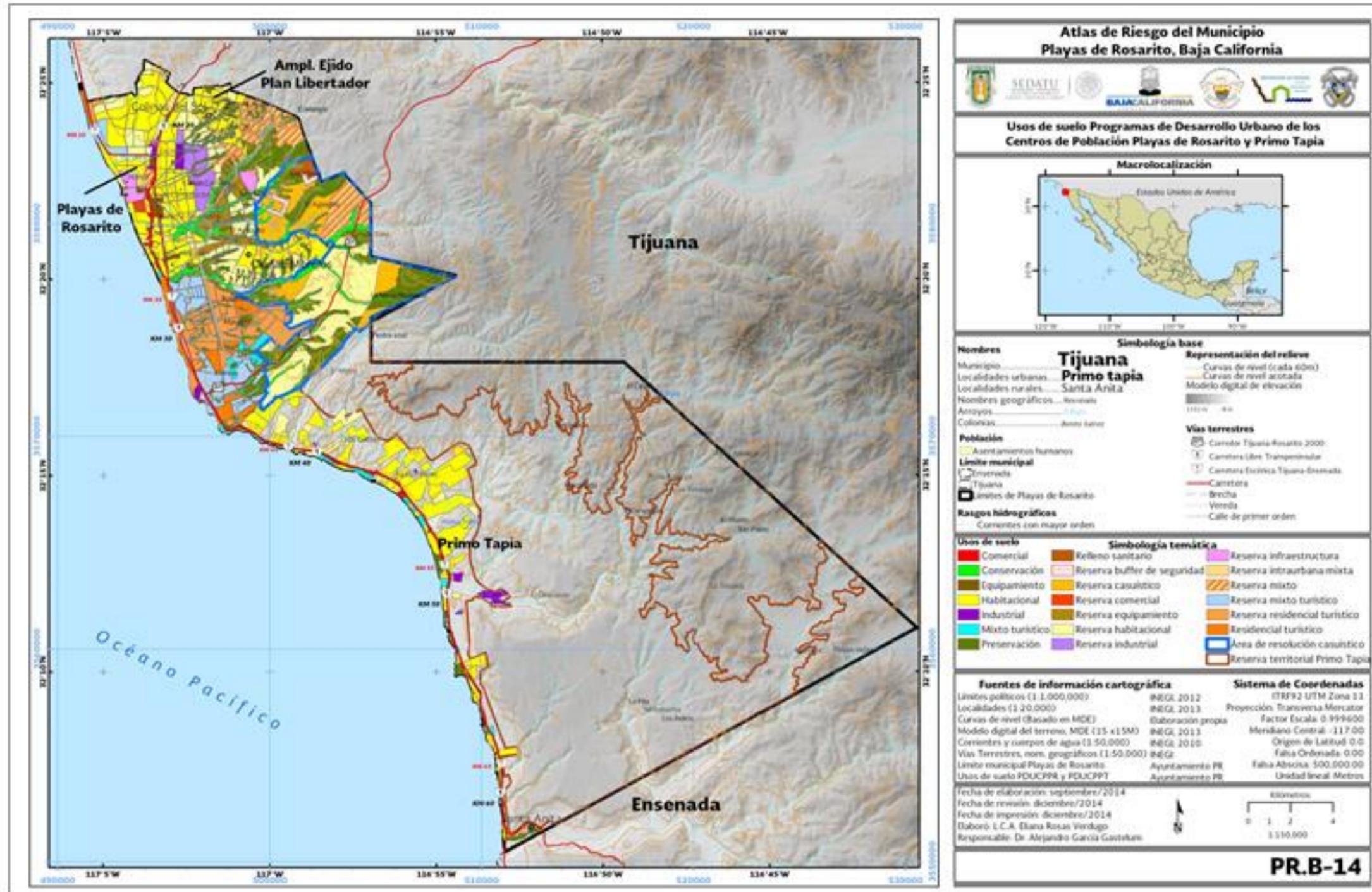


Figura III.11. Uso de suelo del municipio de acuerdo a la información de los Programas de Desarrollo Urbano de los Centros de Población Playas de Rosarito y Primo Tapia.

3.9. Áreas Naturales Protegidas



En el municipio de Playas de Rosarito no se encuentra ninguna zona decretada legalmente como Área Natural Protegida, sin embargo las localidades de Ensenada, Playas de Rosarito, El Sauzal, Primo Tapia, Colonia Santa Anita constituyen la Región Terrestre Prioritaria 10 (RTP 10) “Santa María-El Descanso” de acuerdo al Programa Regiones Prioritarias para la Conservación de la Biodiversidad, de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), (Figura III.12). Esta Región comprende una superficie de 572 km², caracterizada por un alto endemismo florístico, cuenta con la zona de humedales del río Descanso y constituye uno de los remanentes de matorral costero en la porción norte de Baja California, con las mejores poblaciones de la especie endémica Perlita del Desierto (*Polioptila melanura*), (Arriaga et al. 2000).

La RTP 10 está delimitada por las subcuencas cañón El Descanso y La Ilusión, e incluye los cañones San Carlos y San Francisquito, la cañada El Morro y el área de matorral rosetófilo y remanentes de chaparral. Los tipos de vegetación y usos de suelo son chaparral, matorral rosetófilo costero, agrícola, pecuario y forestal (Tabla III.15). El suelo es de tipo regosol átrico (RGe) determinado como suelo procedente de materiales no consolidados, con una susceptibilidad a la erosión de moderada a alta. Predomina el clima árido templado (BSks) con temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C, temperatura del mes más cálido menor de 22°C; y el Templado (Cs) con temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más cálido debajo de 22°C (Arriaga et al. 2000).

Tabla III.15. Tipo de vegetación y uso de suelo de la Región Terrestre Prioritaria Santa María-El Descanso.
Elaboración propia con datos de Arriaga et al. 2012

Vegetación y uso del suelo	Descripción	Superficie (km ²)	Superficie (%)
Chaparral	Asociación de encinos bajos y vegetación arbustiva. Se presenta en climas semicálidos, templados y subhúmedos.	371.8	65
Matorral rosetófilo costero	Vegetación arbustiva espinosa baja con hojas en forma de roseta y cactáceas. Dominan los vientos marinos.	137.3	24
Agrícola, pecuario y forestal	Actividad que hace uso de los recursos forestales y ganaderos; puede ser permanente o de temporal.	62.9	11
TOTAL		572	100

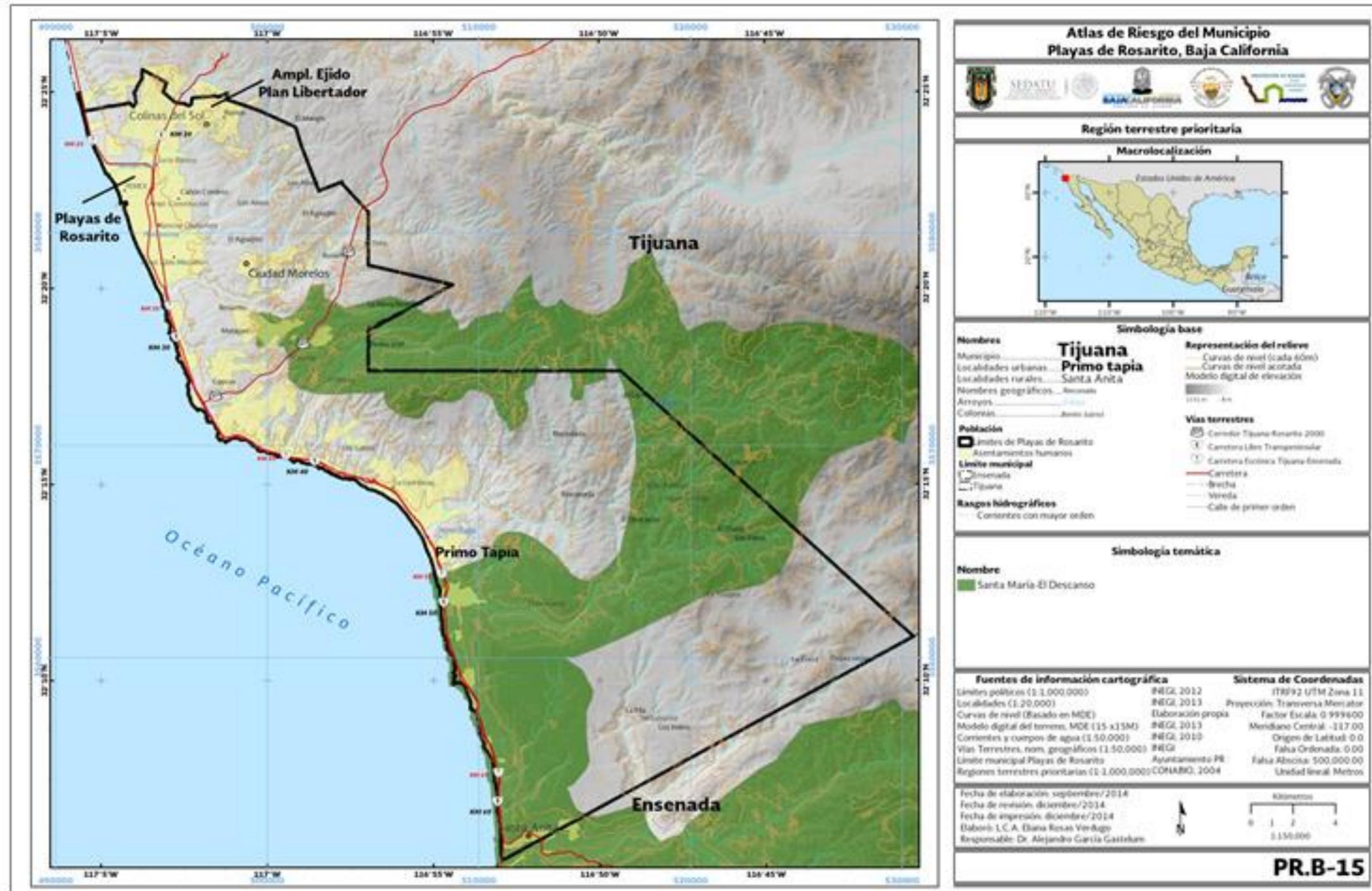


Figura III.12. Región Terrestre Prioritaria en el municipio de Playas de Rosarito.



En un estudio de riesgo el contexto social y económico revisten vital importancia para evaluarlo. La información que a continuación se presenta describe los indicadores básicos que muestran las condiciones socioeconómicas generales del estado que guarda el municipio de Playas de Rosarito, esta información ayudará a plantear las medidas y estrategias para la atención de los riesgos en el municipio.

Los datos que se presentan en este capítulo fueron obtenidos de compendios estadísticos oficiales de organismos como el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), Consejo Nacional de Población (CONAPO), y del Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Playas de Rosarito y el Programa de Primo Tapia, B.C (PDUCP-PR, PDUCP-PT).

El capítulo IV del Atlas de Riesgos del Municipio de Playas de Rosarito, incluyen el análisis de los elementos demográficos como: dinámica demográfica, proyección de población al 2030, distribución de población, densidad de población, pirámide de edades y mortalidad. Se incluye de igual manera el análisis de características sociales, tales como: escolaridad, hacinamiento, población con discapacidad, marginación, pobreza y equipamiento, así mismo se incluyen características de la población económicamente activa y reserva territorial.

4.1. Elementos demográficos

4.1.1. Población

El Censo General de Población y Vivienda 2010 ubica a México en el lugar número 11 en lo referente a población mundial con un total de 112, 336,538 habitantes, mientras que el estado de Baja California ocupa el lugar 14 en el país con 3, 155,070 habitantes, lo que representa el 2.8% de la poblacional nacional. El municipio Playas de Rosarito cuenta con una población total de 90,668 habitantes, por lo que se encuentra en el quinto lugar a nivel estatal, sin embargo, se debe destacar que esta población corresponde únicamente a la población residente en el municipio, por lo que si se sumara la población flotante este número aumentaría dada la condición turística del municipio. La relación entre géneros en el estado muestra que por cada 100 mujeres hay 102 hombres, es decir que el género masculino representan el 50.4% respecto a la población total y el género femenino el 49.6%; en el municipio por otra parte del total de habitantes, 51.1% corresponde al sexo masculino y 48.9% al sexo femenino (INEGI, 2010a; INEGI, 2011).

4.1.2. Densidad de población

La densidad de población es un indicador que expresa la relación entre el espacio físico de un área territorial y el número de habitantes en ese territorio. En el año 2010 la densidad de población a nivel estatal era en promedio de 44 personas por kilómetro cuadrado. En el municipio de Playas de Rosarito con una superficie total de 496.44 km² (H. VI Ayuntamiento de Playas de Rosarito, 2014), la densidad de población es de 183 hab/km², sin embargo, específicamente en las localidades urbanas de Playas de Rosarito, Ampliación Ejido Plan Libertador y Primo Tapia la densidad poblacional es de 2,263 hab/km², 3,219 hab/km² y 2,268 hab/km² respectivamente, concentrándose una alta población en estas localidades urbanas respecto a la densidad de todo el municipio (Figura IV.1), (INEGI, 2010a). Por otro lado si la densidad de población se analiza por manzana en el centro de Playas de Rosarito como en Primo Tapia la gran mayoría de las manzanas poseen una densidad entre 110 y 9050 hab/km², como se observa en la Figura IV.2.

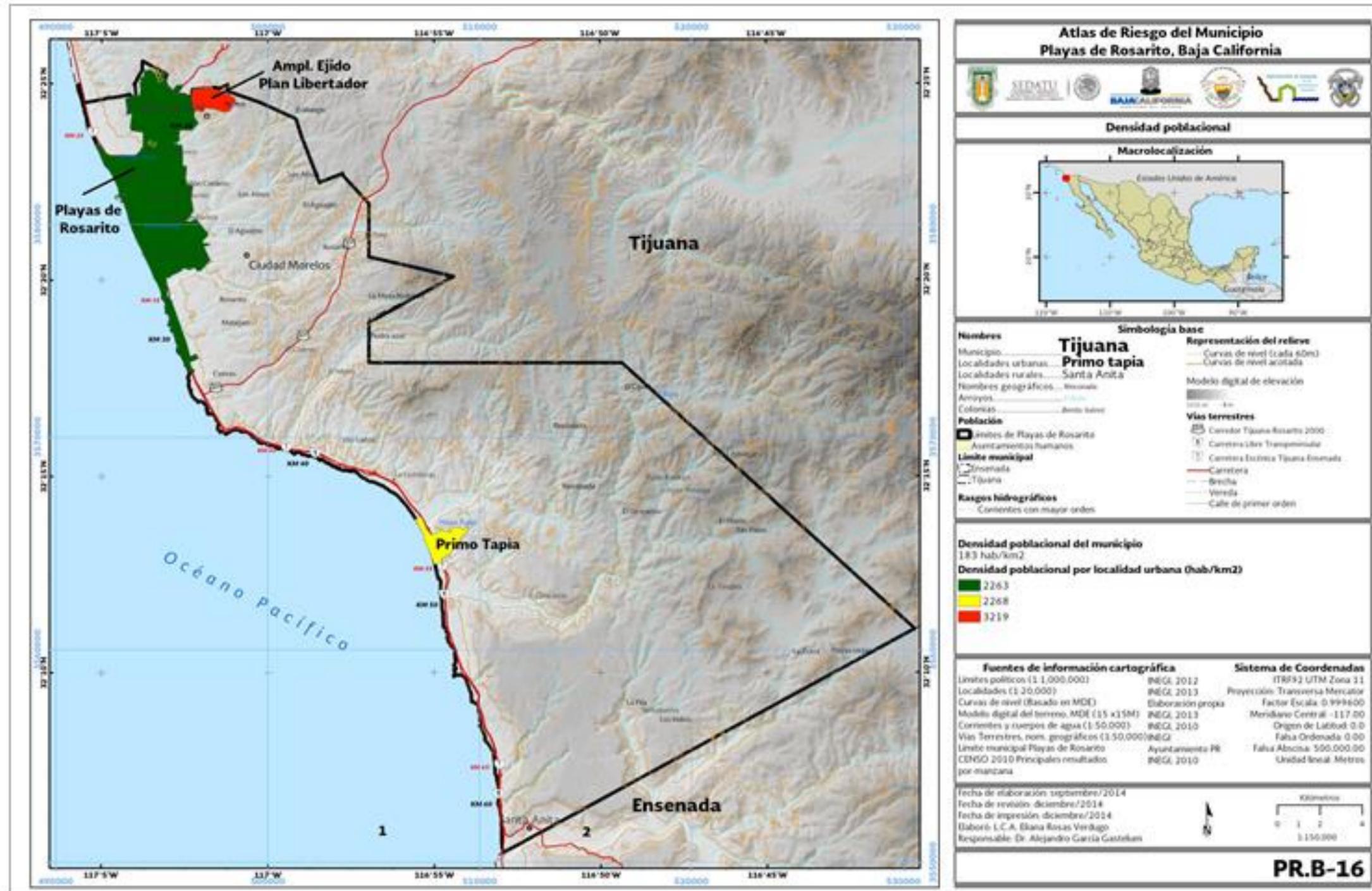


Figura IV.1. Densidad de población del municipio Playas de Rosarito. Se muestran las tres localidades con mayor densidad poblacional.

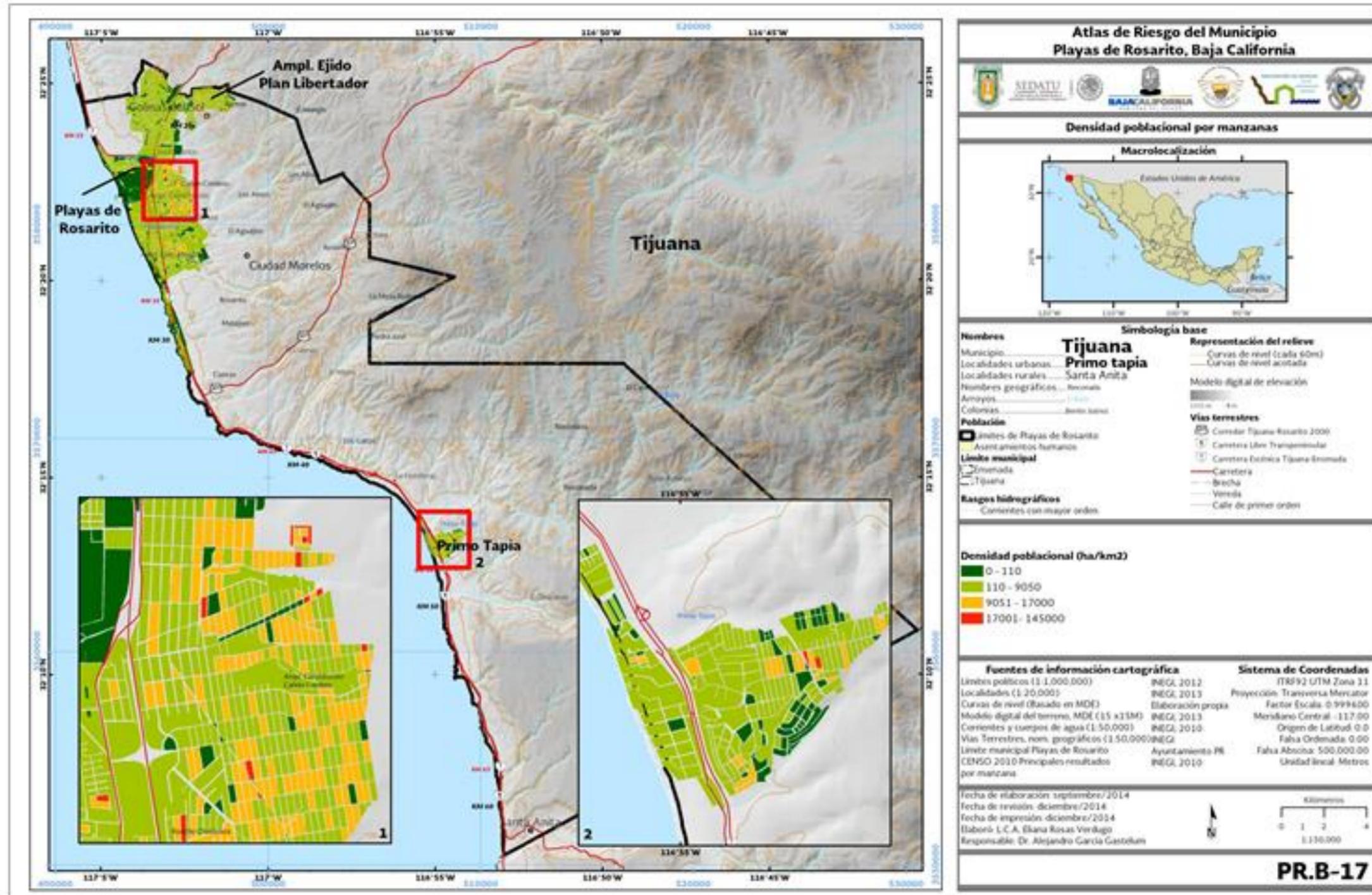


Figura IV.2. Densidad poblacional por manzanas.



4.1.3. Distribución de la población

En el análisis de la distribución de la población, Baja California tienen 4,547 localidades, siendo las más pobladas Tijuana, Mexicali y Ensenada con 1 300,983, 689,775 y 279,765 habitantes respectivamente, lo que significa que en estas tres se concentra aproximadamente el 72% de la población total; después de estas localidades encontramos a Playas de Rosarito, Tecate, Pórticos de San Antonio, Santa Isabel, La Joya y Rodolfo Sánchez Taboada con 279,804 habitantes en su conjunto. Particularmente en el municipio de Rosarito existe un total de 207 localidades, de las cuales, 129 tienen una población menor o igual a 10 habitantes, por otro lado existen seis localidades con una población que supera los 1,000 habitantes, como es Playas de Rosarito, Ampliación Ejido Plan Libertador, Primo Tapia, Ciudad Morelos, Colinas del Sol y Santa Anita (Tabla IV.1), de las anteriores, las tres localidades que presentan el mayor número de habitantes son: Playas de Rosarito con el 72% de la población (65,278 habitantes), Ampliación Ejido Plan Libertador con el 6.51% (5,906 habitantes), y Primo Tapia con el 5.43% (4,921 habitantes), (Figura IV.3).

Tabla IV.1. Población por localidad en el municipio Playas de Rosarito. Se muestran las localidades con una población de más de 500 habitantes.
Elaboración propia con datos del INEGI, 2010.

Localidad	Población Total
Playas de Rosarito	65,278
Ampliación Ejido Plan Libertador	5,906
Primo Tapia	4,921
Ciudad Morelos	2,040
Colinas del Sol	1,361
Santa Anita	1,284
Vista Marina	939
Los Volcanes	783
Misión del Mar 1a y 2a sección	663
Ladrillera Pescador	636
El Descanso	567
Lomas de Rosarito	560
Real de Rosarito	544
Venustiano Carranza	538

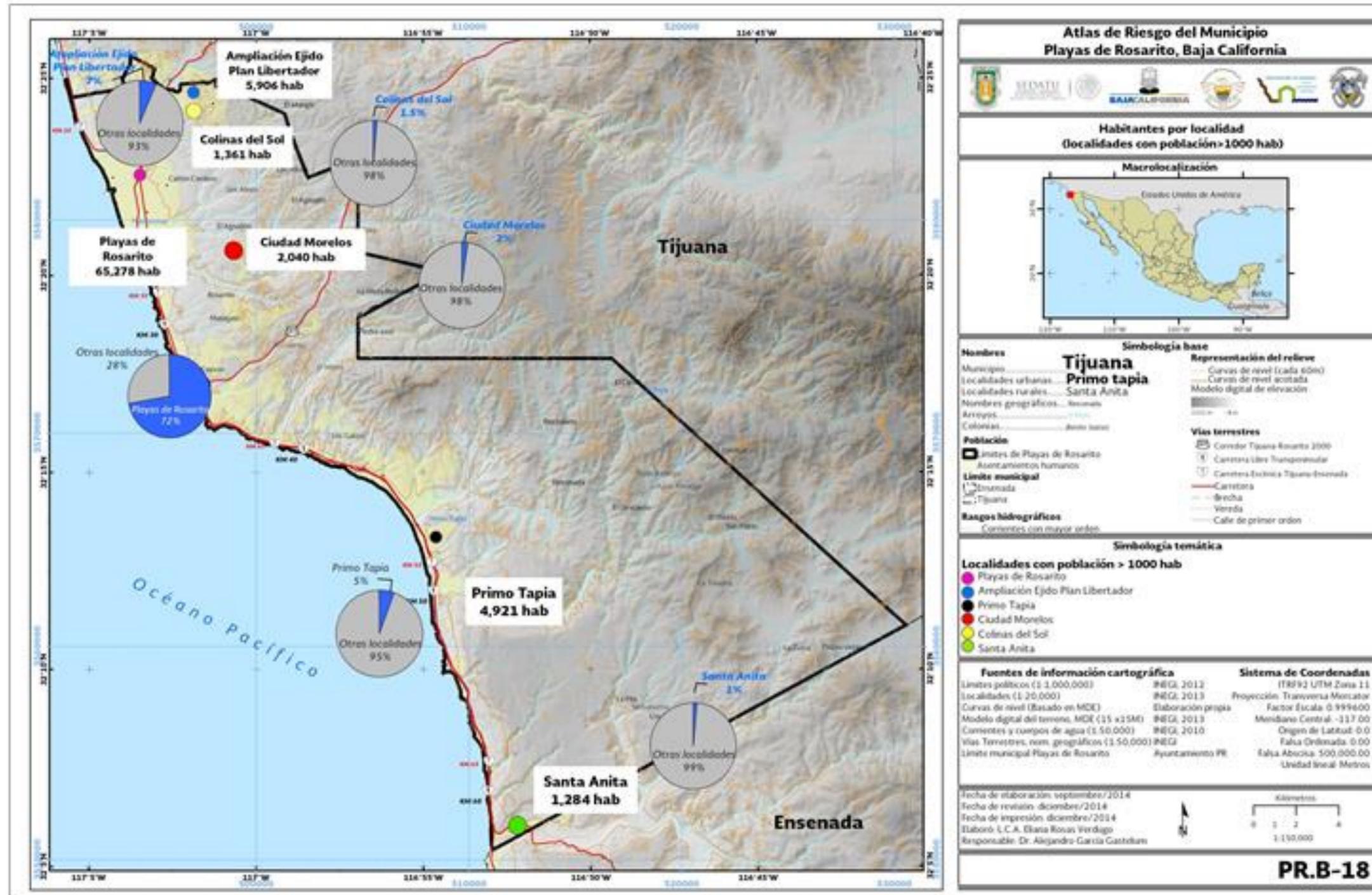


Figura IV.3. Mapa de distribución de la población en el municipio. Se puede observar que la localidad Playas de Rosarito cuenta con el mayor porcentaje de la población en el municipio.



4.1.4. Dinámica demográfica

El estado de Baja California ha tenido un crecimiento poblacional como se evidencia en los censos de 1930 a 2010, en ellos se muestra cómo para 1930 el número de habitantes era de 48,327 alcanzando los 3 155,070 en 2010; la tasa de crecimiento promedio anual 2000-2010 calculada para el Estado es de 2.3 (INEGI, 2014a). De acuerdo a los censos y conteos de población y vivienda de 1995, 2000, 2005 y 2010 del INEGI, la tasa de crecimiento poblacional del municipio registrada para el periodo comprendido de 1995-2000 fue de 6.4%; durante el 2000-2005 de 2.9% y de 4.3% entre 2005-2010 (Tabla IV.II). De lo anterior, se puede observar que la tasa de crecimiento más elevada se registró entre 1995 y 2000, probablemente tenga relación con la fecha de creación del municipio (1995); posteriormente este valor desciende considerablemente en el periodo 2000-2005 y aumenta la tasa de crecimiento a 4.3% en 2010, estos cambios también pueden atribuirse al fenómeno de migración.

Tabla IV.2. Población del municipio Playas de Rosarito y Tasa de Crecimiento.

Elaboración propia con datos del INEGI, 2010.

Año	Población Total	Tasa de crecimiento (%)
1995	46,596	
2000	63,420	6.4
2005	73,305	2.9
2010	90,668	4.3

La tasa de crecimiento se calculó mediante el siguiente algoritmo (INEGI, 2001):

Dónde:

$$r = \left[\left(\frac{Px}{P0} \right)^{\frac{1}{t}} - 1 \right] * 100$$

r = Tasa de crecimiento

Px = Población en el año X (final)

P0 = Población en el año O (inicial)

t = Tiempo transcurrido entre el momento de referencia de la población inicial y la población final

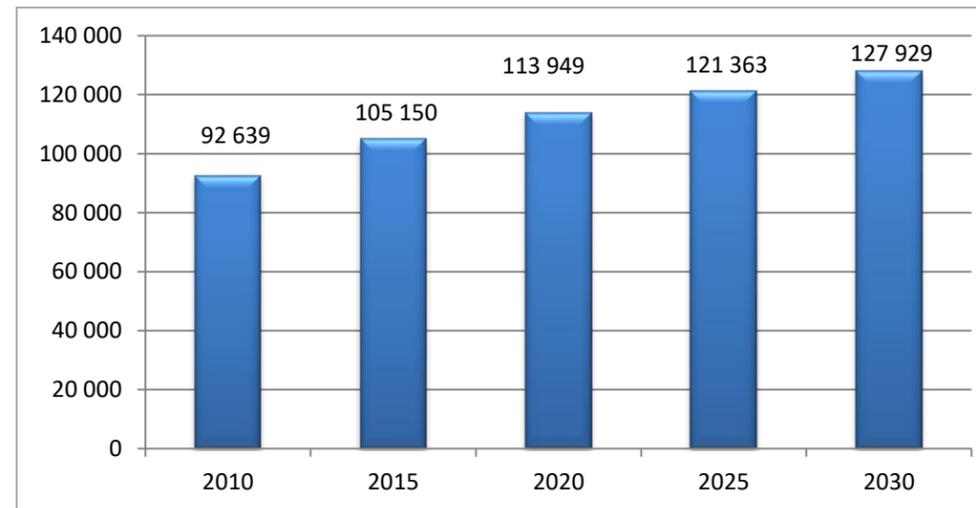
4.1.5. Proyección de la población al 2030

La planificación de las actividades sociales y económicas del país se fundamenta en la proyección de la población, ya que es necesario conocer cuál será la demanda de servicios, en materia de salud, educación, empleo, vivienda, entre otros, a fin de asignar recursos y aplicar planes o programas de desarrollo. Por otro lado posibilita la identificación anticipada de situaciones de riesgo, De acuerdo a datos oficiales de CONAPO se prevé que la población de Baja California alcanzará en 2020 un valor de 3 729,225 habitantes, con una tasa de crecimiento anual de 1.26%, en 2030 por otro lado habrá un ritmo de crecimiento menor (0.96%) con una población de 4 169,240 habitantes (CONAPO, 2014b). Para el año 2030, la población del municipio de Playas de Rosarito será de 127,929 habitantes, lo que se representa en la Tabla IV.2, cabe observar que CONAPO, utilizó tasas de crecimiento diferenciadas de 3.0% para 2015, 1.6% para 2020, 1.3% para 2025 y 1.1% para 2030 (CONAPO, 2014a).



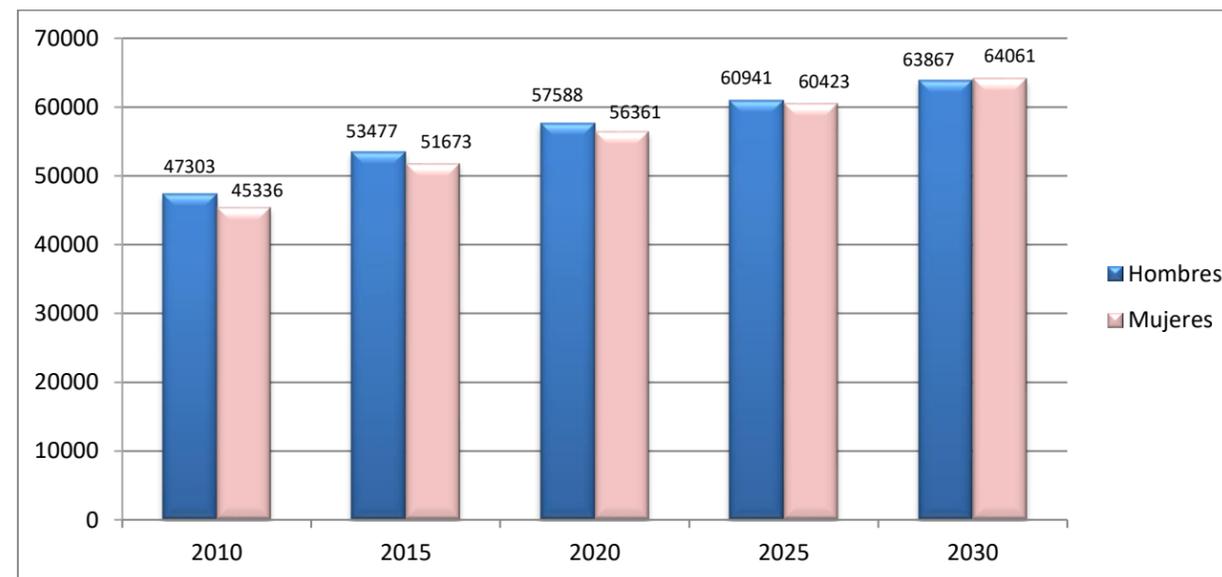


Atlas de Riesgos del Municipio de Playas de Rosarito, 2015



Gráfica IV.1. Proyecciones del crecimiento poblacional 2010-2030 del municipio Playas de Rosarito.
Elaboración propia con datos de CONAPO, 2014

De la población total del municipio, la población de hombres y mujeres se mantiene relativamente similar, sin embargo de acuerdo a la proyección para el año 2030 (CONAPO, 2014a), la población de ambos géneros prácticamente tendrá la misma proporción (Gráfica IV.2).



Gráfica IV.2. Proyección del crecimiento de la población 2010-2030 por género.
Elaboración propia con datos de CONAPO, 2014.

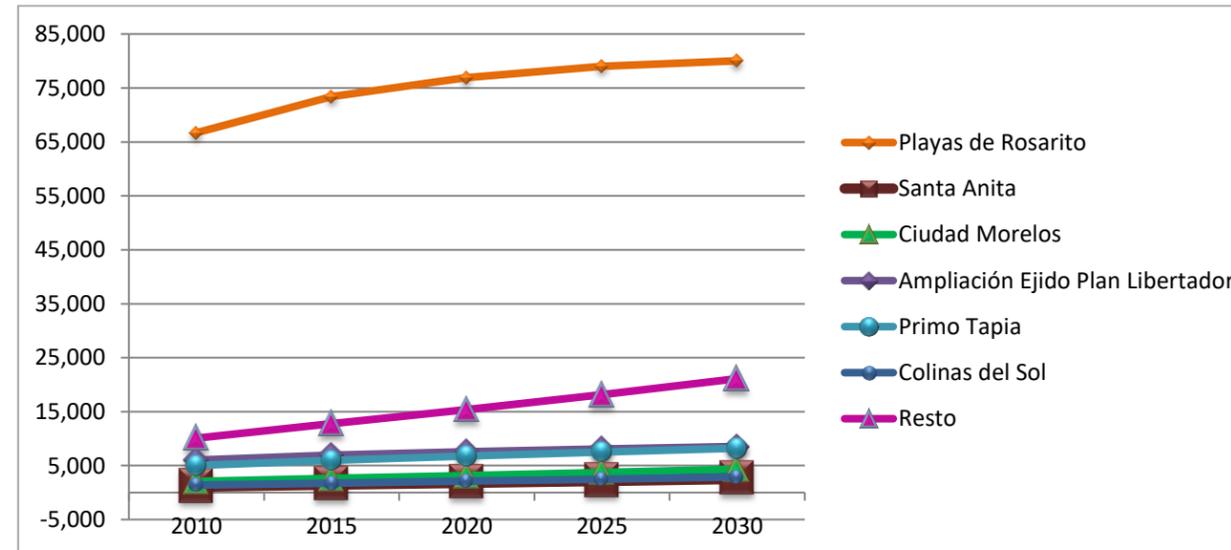




Mientras tanto, el análisis de las proyecciones de crecimiento de la población por localidad, muestra que la localidad urbana de Playas de Rosarito tendrá un incremento de más de 10,000 habitantes entre el 2010 y 2030, mientras que en localidades como Ampliación Ejido Plan Libertador, Primo Tapia, Ciudad Morelos, Colinas del Sol y Santa Anita, el crecimiento únicamente será de máximo 3,200 habitantes en 20 años a partir del 2010; es decir el crecimiento demográfico sigue concentrándose en la principal localidad del municipio (Gráfica IV.3 y Tabla IV.3).

Tabla IV.3. Proyección del crecimiento poblacional 2010-2030 en las principales localidades del municipio Playas de Rosarito.
Elaboración propia con datos de CONAPO, 2014.

Nombre de la localidad	2010	2015	2020	2025	2030
Playas de Rosarito	66,697	73,423	76,947	79,010	80,030
Santa Anita	1,312	1,660	1,999	2,358	2,745
Ciudad Morelos	2,084	2,637	3,175	3,747	4,361
Ampliación Ejido Plan Libertador	6,034	6,924	7,563	8,094	8,545
Primo Tapia	5,028	5,981	6,772	7,513	8,223
Colinas del Sol	1,391	1,759	2,118	2,500	2,909
Resto de localidades	10,093	12,767	15,375	18,141	21,116



Gráfica IV.3. Proyección del crecimiento poblacional 2010-2030 de las principales localidades del municipio Playas de Rosarito.
Elaboración propia con datos de CONAPO, 2014.

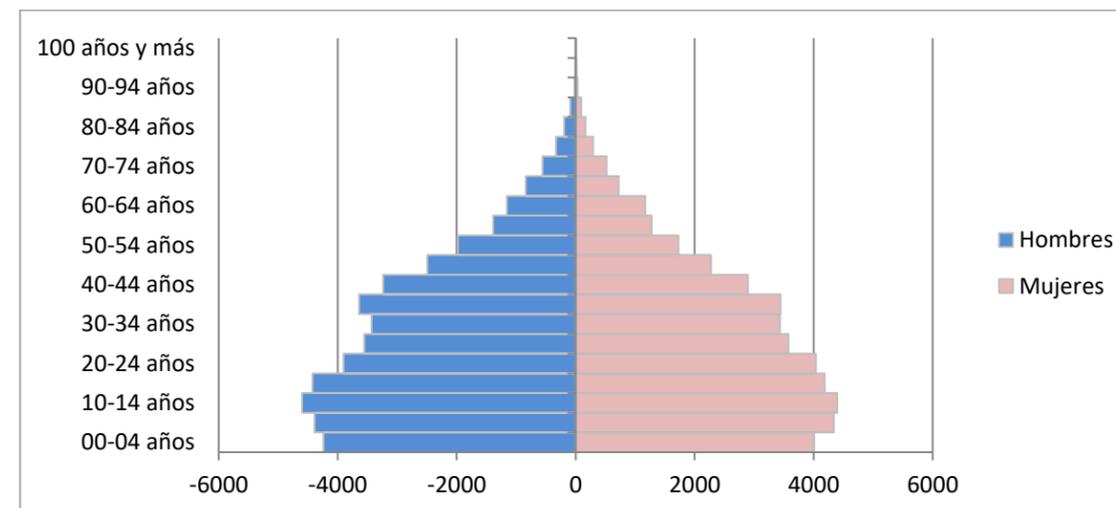


4.1.6. Pirámide de edades

La estructura demográfica de la población por edad a nivel estatal, denota que la edad media en el estado es de 25.4 y que la gran mayoría de la población se encuentra en edades jóvenes, puesto que el 50% de la población se compone de habitantes entre 0 y 25.4 años de edad, el grupo de individuos entre 65 años y más representa el 4.5% de la población total. La razón de dependencia (infantil y vejez) en el Estado es del 50%, ésta se refiere al número de habitantes entre los 0 y 14 años en conjunto con los de 65 y más, rangos fuera de la edad productiva.

La estructura por edad de Playas de Rosarito, en el año 2010 muestra que nacieron más varones que mujeres, aunque la diferencia es relativamente pequeña, como se representa en la gráfica de pirámide de edades. Por grupos de edad, la población de adultos mayores (60 años o más) es la más baja con un 6.8% de la población, el mayor porcentaje lo constituye la población de adultos (30 a 59 años) con un 34.4% y la población de niños y adolescentes (0 a 15 años) representa el 28.6%, esto indica que la población del municipio se encuentra en edad de productiva y que existe una población económicamente inactiva pequeña.

La pirámide de edades del municipio tiene una base relativamente ancha respecto a la cúspide, sin embargo la gráfica muestra que en los cohortes entre los 0 y 9 años, se ha registrado un menor número de nacimientos, es decir, que si esta tendencia continúa, la población del municipio será de adultos y adultos mayores (que necesitarán servicios de pensión, hospitales) y la fuerza laboral podría disminuir. En la Gráfica IV.4 se muestra un rasgo relevante, existe una muesca en los grupos de edad entre los 20 y 34 años del género masculino, esto pudo ocurrir debido a un proceso de migración en el municipio, lo que provocó la disminución de la población masculina.



Gráfica IV.4. Pirámide por grupos quinquenales de edad y sexo en el municipio Playas de Rosarito. Elaboración propia con datos del censo de población INEGI, 2010.

4.1.7. Mortalidad





La Tasa de Mortalidad General, expresada como el número de personas que fallecen respecto al total de la población es de 4.6% a nivel estatal; por otro lado la mortalidad infantil mostró un descenso en el periodo comprendido entre 1990 y 2010, al pasar de 27 a 15.1 defunciones de menores de un año por cada mil nacimientos (CONAPO, 2014b). A nivel municipal ha aumentado la tasa de mortalidad a partir del año 1995 y hasta 2010, pasando de 0.2% a 4.1% en el municipio, esta misma tendencia se observa en la Tasa de Mortalidad por Género, sin embargo, para el género masculino en 2010 hubo un ligero decremento en el valor. Cabe resaltar que la Tasa de Mortalidad Femenina es menor en comparación con la Tasa de Mortalidad Masculina.

En el caso de la natalidad se calcula una tasa del 17.3% en el estado siendo más baja en comparación con la tasa a nivel municipio, aun cuando se ha registrado un descenso pues en el año 2000 la tasa de natalidad en Playas de Rosarito fue de 21.6%, mientras que en el 2010 de 22.1% (Tabla IV.4).

Tabla IV.4. Mortalidad general y por género en el municipio Playas de Rosarito.
Elaboración propia con datos del INEGI, 2010.

Año	Muertes Totales	Muertes Hombres	Muertes Mujeres	Nacimientos	Tasa de Mortalidad General	Tasa de mortalidad Masculina	Tasa de mortalidad Femenina	Tasa de Natalidad
1995	9	5	4	DND	0.2	0.2	0.2	DND
2000	235	145	90	1,367	3.7	4.5	2.9	21.6
2005	301	204	97	1,543	4.1	5.5	2.7	21.0
2010*	374	252	121	2,001	4.1	5.4	2.7	22.1

* Una muerte no especificada para este año. DND= Dato no disponible.

4.2. Características sociales

4.2.1. Escolaridad

La educación constituye un elemento fundamental para que las personas puedan realizar el proyecto de vida que planean. Además la escolaridad de la población es uno de los factores decisivos que permite aumentar la productividad del trabajo e incorporar la innovación tecnológica para así, fortalecer la competitividad de las economías (CONAPO, 2004).

De acuerdo al censo del INEGI 2010, la población de 15 años y más en Baja California contó con un promedio de escolaridad de 8.2 en el año 2000 aumentado esta cifra en 2010 a 9.3, es decir que han concluido la educación básica. En lo referente a la tasa de alfabetización de las personas entre 15 y 24 años de edad es de 99.2% a nivel estatal y municipal.

El grado promedio de escolaridad en Playas de Rosarito es de 8.53 años. Si comparamos el grado de escolaridad por género, éste es ligeramente más alto en los hombres (8.56), que el promedio de las mujeres (8.49). En el municipio 1.9% de la población de 15 años y más es analfabeta, 2.8% no cuenta con escolaridad y 7.7% tiene la primaria incompleta. De la población de 18 años y más el 5.8% tiene nivel profesional y 0.4% cuenta con estudios de posgrado (Tabla IV.5).

Tabla IV.5. Indicadores de escolaridad del municipio Playas de Rosarito. El porcentaje fue calculado respecto a la población total del municipio.
Elaboración propia con datos del INEGI, 2010.





Escolaridad promedio	Escolaridad promedio de la población masculina	Escolaridad promedio de la población femenina	Población de 15 años y más analfabeta	Población de 15 años y más sin escolaridad	Población de 15 años y más con primaria incompleta	Población de 8 a 14 años analfabeta	Población de 18 años y más con nivel profesional	Población de 18 años y más con posgrado	Tasa de alfabetización de las personas de 15 a 24 años
8.53	8.56	8.49	1,725	2,563	6,966	232	5,286	407	99.25
Porcentajes			1.9%	2.8%	7.7%	0.3%	5.8%	0.4%	

4.2.2. Población con discapacidad

En Baja California las actividades en las que existe mayor población con discapacidad son en primer lugar caminar o moverse (59.6%), ver (24.8%) seguido de actividades de carácter mental (11.6%), escuchar (9.5%), limitaciones para hablar o comunicarse (8.4%), cuidado personal (5.3%), finalmente dificultad para aprender o poner atención (4.3%). Existen habitantes que presentan más de una discapacidad.

El 7.6% de la población del municipio tiene algún tipo de discapacidad (6,919 habitantes), ya sea para caminar, ver, hablar, escuchar, entre otras. La localidad con el mayor porcentaje de personas discapacitadas es Playas de Rosarito, que concentra el 74% (Gráfica IV.5). De este porcentaje, la población con limitaciones en la actividad, es decir aquellas que tienen dificultad para desempeñar y/o realizar tareas en la vida cotidiana tiene el porcentaje más alto que corresponde al 46.1%; le sigue la población con limitación para caminar o moverse, y subir o bajar con un 24.3%. El menor porcentaje (1.7%) lo presenta la población con dificultades para vestirse, bañarse o comer (Tabla IV.6, Gráfica IV.6). La población con discapacidad a nivel manzana representa en su mayoría un porcentaje entre 0 y 2.3, lo cual se indica en la Figura IV.4.

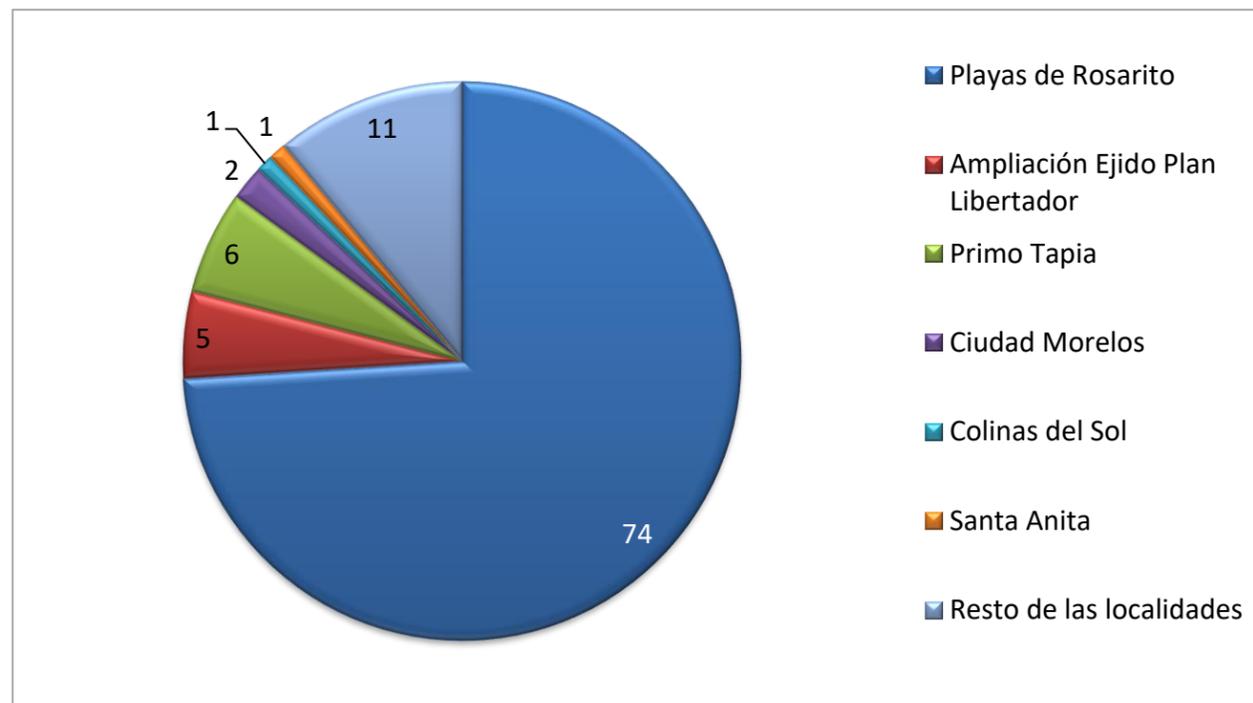
Tabla IV.6. Población con discapacidad en el municipio Playas de Rosarito. Se presentan los datos de las localidades con una población superior a mil habitantes.

Elaboración propia con datos del INEGI, 2010.



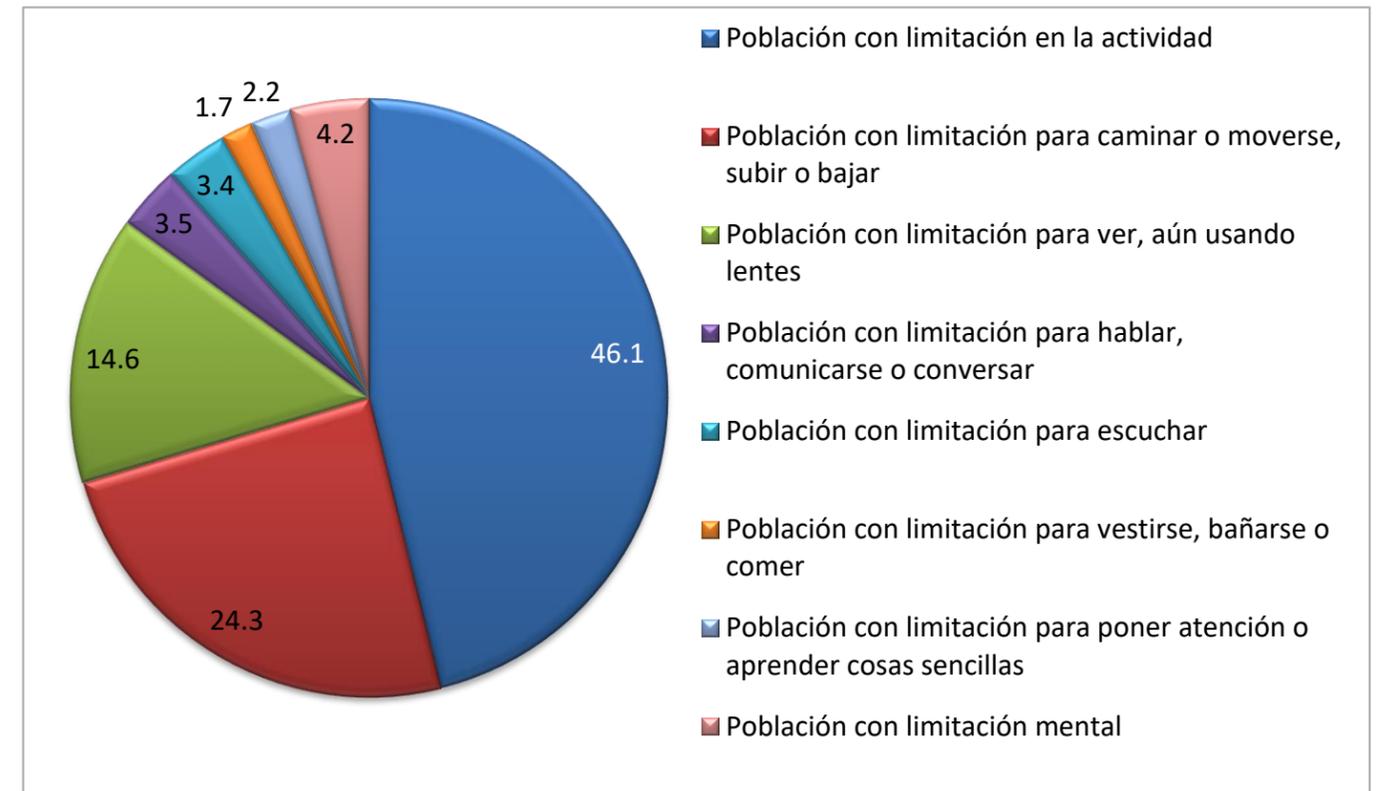
Localidad	Población total de la localidad	Población sin discapacidad	Población con discapacidad	% Población con discapacidad respecto a la población total de la localidad	% Población con discapacidad*	Población con limitación en la actividad	Población con limitación para caminar o moverse, subir o bajar	Población con limitación para ver, aun usando lentes	Población con limitación para hablar, comunicarse o conversar	Población con limitación para escuchar	Población con limitación para vestirse, bañarse o comer	Población con limitación para poner atención o aprender cosas sencillas	Población con limitación mental
Playas de Rosarito	65278	60136	5142	7.9	74	2371	1272	742	173	178	98	97	211
Ampliación Ejido Plan Libertador	5906	5539	367	6.2	5	165	89	40	18	13	5	14	23
Primo Tapia	4921	4539	382	7.8	6	175	88	58	15	5	7	17	17
Ciudad Morelos	2040	1911	129	6.3	2	60	33	21	5	2	3	4	1
Colinas del Sol	1361	1285	76	5.6	1	35	18	12	3	1	1	2	4
Santa Anita	1284	1195	89	6.9	1	44	19	12	3	3	0	1	7
Resto de las localidades	9878	9144	734	7.4	11	341	162	122	25	32	5	16	31
Total del Municipio	90668	83749	6919	7.6	100	3191	1681	1007	242	234	119	151	294
Porcentajes	NA	NA	NA	NA	NA	46.1*	24.3*	14.6*	3.5*	3.4*	1.7*	2.2*	4.2*

*Porcentaje respecto a la población total con discapacidad.



Gráfica IV.5. Distribución porcentual de la población total con discapacidad en las diferentes localidades. Se observa que de la población total con discapacidad, el 74% se encuentra en la localidad de Playas de Rosarito. Elaboración propia con datos del INEGI, 2010.

Gráfica IV.6. Distribución porcentual de la población respecto a los diferentes tipos de discapacidades. Se observa que la población con discapacidad en las actividades cotidianas presenta el mayor porcentaje de la población total de discapacitados.
Elaboración propia con datos del INEGI, 2010.



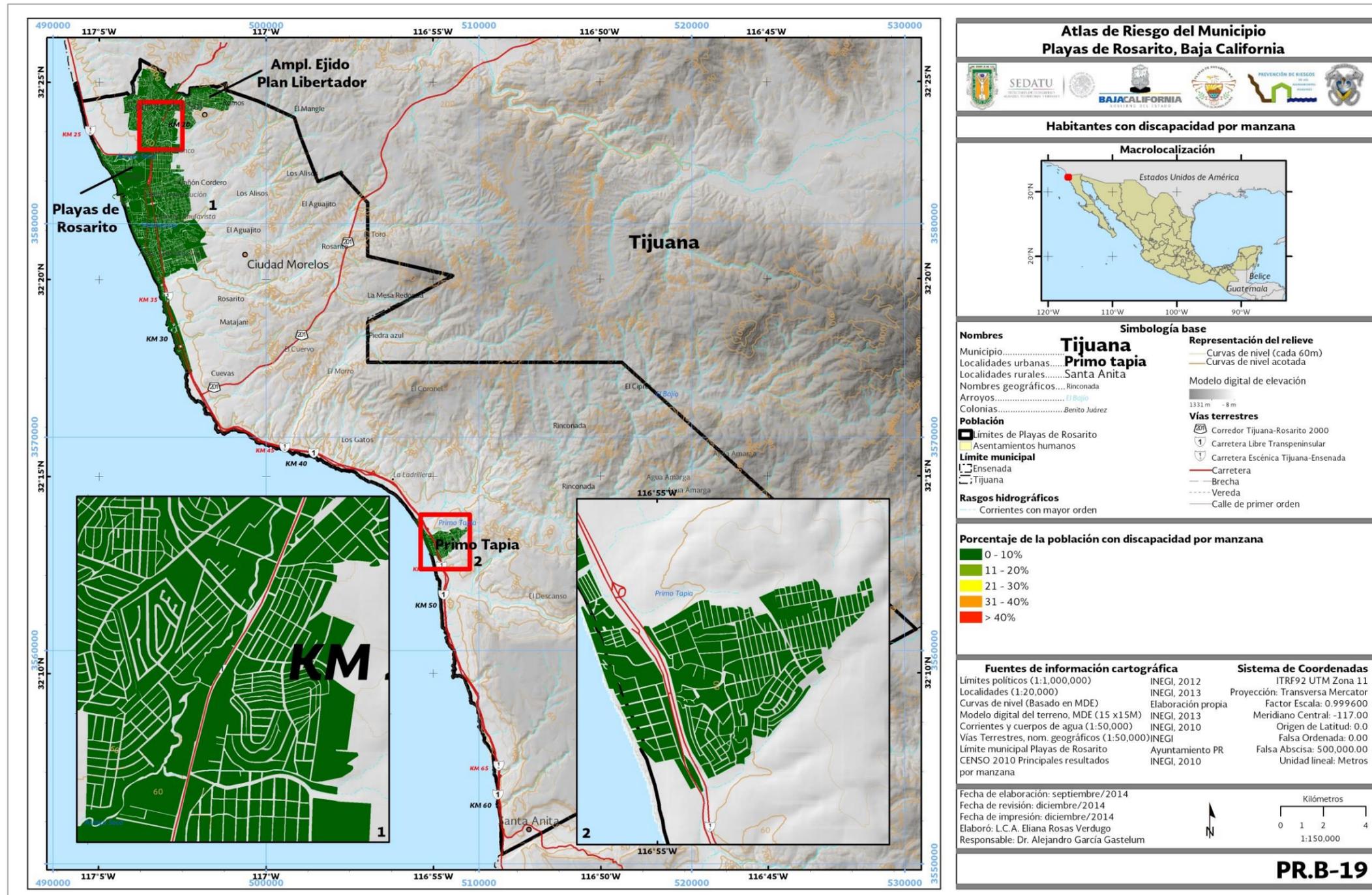


Figura IV.4. Población con discapacidad. Se muestran las seis localidades principales del municipio.



4.2.3. Vivienda

La vivienda es el espacio físico donde los integrantes de la familia se refugian de las inclemencias climatológicas, además conviven, refuerzan los vínculos y aprenden distintas lecciones de vida que servirán al desarrollo de las capacidades de cada uno ellos (CONAPO, 2011). Tener una vivienda digna y decorosa, es un derecho constitucional; ésta favorece el respeto a la individualidad de las personas, ayuda a un buen clima educacional para la población en edad escolar, reduce los riesgos en la salud, y facilita el acceso a los sistemas de información modernos (CONAPO, 2011).

El estado de Baja California en 2010 tenía 853,254 viviendas particulares habitadas, con un total de 3 074,323 ocupantes, según lo indica el anuario estadístico y geográfico del INEGI (2014) de las cuales cerca del 6% cuentan con piso de tierra y no cuenta con agua proveniente de la red pública, aproximadamente el 2% no tienen suministro de energía eléctrica; mientras que el municipio de Playas de Rosarito cuenta para ese mismo año con un total de 37,798 viviendas, de las cuales 25,054 son viviendas particulares habitadas. De las viviendas particulares habitadas en el municipio, el 3.2% tiene piso de tierra, 7.9% solamente cuentan con un cuarto, 1.4% no disponen de luz eléctrica, 14.1% no disponen de agua entubada en el ámbito de la vivienda, 4.5% no tienen drenaje.

Las viviendas a nivel municipal están hechas con techos de concreto, madera o similares, presentan muros de bloque o ladrillo, adobe o madera. Únicamente el 0.73% del total de las viviendas están construidas con materiales no aceptables y por lo tanto vulnerables ante los fenómenos naturales. Este tipo de viviendas se concentran al norte y este de la mancha urbana (GobBC, 2013).

Según la CONAPO (2011), la población que reside en viviendas sin drenaje, sanitario, energía eléctrica, agua entubada y espacio suficiente y adecuado, se enfrenta a una mayor vulnerabilidad que genera algunas privaciones cruciales en la vida de las familias y sus integrantes.

Respecto a los bienes con los que cuentan las viviendas ubicadas en el municipio de Playas de Rosarito, y que pueden ser indispensables para recibir y enviar información en caso de presentarse alguna emergencia se cuenta con lo siguiente: 75.5% de las viviendas habitadas tienen radio, 87.7% poseen televisor cifra menor comparada con el 96% calculado a nivel estatal, 34.7% disponen de línea telefónica fija, 71.6% cuentan con teléfono celular, 26.9% poseen servicio de internet y 34.4% tienen computadora, a nivel entidad el porcentaje es de 43.5%. Para el caso de movilidad, 61.1% de las viviendas particulares habitadas tienen automóvil o camioneta propio (Tabla IV.7).

Tabla IV.7. Características, servicios y bienes en las viviendas del municipio Playas de Rosarito.
Elaboración propia con datos del INEGI, 2010.

Características, servicios y bienes en las viviendas	Número de viviendas	Porcentaje*
Total de viviendas	37,798	100
Total de viviendas habitadas	25,054	66.3
Viviendas particulares habitadas con piso de tierra	803	3.2
Viviendas particulares habitadas con un solo cuarto	1,972	7.9
Viviendas particulares habitadas que no disponen de luz eléctrica	360	1.4
Viviendas particulares habitadas que no disponen de drenaje	1,116	4.5
Viviendas particulares habitadas que disponen de radio	18,919	75.5
Viviendas particulares habitadas que disponen de televisor	21,960	87.7
Viviendas particulares habitadas que disponen de línea telefónica fija	8691	34.7
Viviendas particulares habitadas que disponen de teléfono celular	17,951	71.6
Viviendas particulares habitadas que disponen de computadora	8,623	34.4
Viviendas particulares habitadas que disponen de internet	6,752	26.9
Viviendas particulares habitadas que disponen de automóvil o camioneta	15,318	61.1

*Porcentaje respecto al total de viviendas particulares habitadas

4.2.4. Lengua indígena

Los hablantes de lenguas indígenas en Baja California pertenecen principalmente a pueblos Mixtecos, Zapotecos, Náhuatl, Triqui, Purépecha, entre otros ubicados en su mayoría en San Quintín y Tijuana; desde el año de 1990, se incrementó en casi 23 mil las personas hablantes de lengua indígena que residen en la entidad (GobBC, 2014). De acuerdo a datos del censo de población 2010, cerca de 41 mil habitantes de cinco años y más hablan alguna lengua indígena, el 1.7% (690 personas) corresponde a hablantes de lenguas propias de la entidad tales como Kumia, Pai pai, Cucapa, Cochimi y Kiliwa.

En el municipio hay un total de 997 habitantes de más de tres años que hablan alguna lengua indígena, esta cantidad corresponde al 1.1% del total de la población del municipio. De las personas que hablan alguna lengua indígena el 0.6% son hombres y 0.5% mujeres. En todo el municipio se contabilizaron tres habitantes que únicamente hablan alguna **lengua** indígena y no hablan español, esto según el censo del INEGI, 2010 (Tabla IV.8).

Tabla IV.8. Características de la población que habla alguna lengua indígena.
Elaboración propia con datos del INEGI, 2010.

Descriptor	Población	Porcentaje
Población de 3 años y más que habla alguna lengua indígena	997	1.1
Población masculina de 3 años y más que habla alguna lengua indígena	570	0.6
Población femenina de 3 años y más que habla alguna lengua indígena	427	0.5
Población de 3 años y más que habla alguna lengua indígena y no habla español	3	0.003
Población de 3 años y más que habla alguna lengua indígena y habla español	764	0.8
Población masculina de 3 años y más que habla alguna lengua indígena y habla	433	0.5



español		
Población femenina de 3 años y más que habla alguna lengua indígena y habla español	331	0.4
Población en hogares censales indígenas	2,364	2.6

4.2.5. Pobreza

La población que se encuentra en situación de pobreza y rezago social, es innegable que tiene un alto grado de vulnerabilidad, dada la dificultad de contar con servicios de salud adecuados, educación, vivienda, seguridad social entre otros, lo que repercute a su vez en la esperanza de vida de dicha población.

El Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), en su informe de pobreza a nivel nacional y por entidad federativa ubica a Baja California dentro de los cinco estados con menor porcentaje de población en condiciones de pobreza, es decir, que se sitúa en el lugar 28 de 32 con un 32.1% de la población en pobreza. Por otro la población en situación de pobreza en el municipio Playas de Rosarito corresponde al 33.2% (30,713 personas) muy similar a la cifra a nivel estatal, siendo el segundo municipio en el estado con el mayor porcentaje de pobreza. Entendiendo como personas en situación de pobreza a aquellas que tienen al menos una carencia social (rezago educativo, acceso a servicios de salud, acceso a la seguridad social, calidad y espacios de la vivienda, servicios básicos en la vivienda y acceso a la alimentación) y su ingreso es insuficiente para adquirir los bienes y servicios que requiere para satisfacer sus necesidades alimentarias y no alimentarias.

La pobreza extrema por su parte se refiere a la situación en que la población percibe un ingreso inferior a la línea de bienestar mínimo y tiene al menos tres carencias sociales. En 2010 cuando el CONEVAL realizó la medición de la pobreza extrema, el valor de la línea de bienestar mínimo era de 684 pesos para las zonas rurales y 978 para zonas urbanas. De acuerdo con esto Playas de Rosarito registró un porcentaje de pobreza extrema de 3.3, lo que equivale a 3,048 personas.

Indicador de pobreza (Coeficiente de Gini)

El Coeficiente de Gini es uno de los indicadores de cohesión social que toma el CONEVAL a la hora de medir la pobreza, el cual muestra la desigualdad en la distribución del ingreso de la población; los valores que toma van de 0 a 1 donde 0 significa equidad perfecta y 1 (valor máximo) representa una mayor desigualdad en la distribución del ingreso, o bien una inequidad perfecta. El coeficiente de Gini mide hasta qué punto la distribución del ingreso entre individuos u hogares dentro de una economía se aleja de una distribución perfectamente equitativa (Banco Mundial, 2014; CONEVAL, 2012).

Del año 2008 a 2010 el valor del coeficiente de Gini en Baja California aumentó de 0.453 a 0.506, lo que significa que el estado es uno de los 10 estados con mayor desigualdad de acuerdo a información publicada por el CONEVAL. Según el PDUCP-PR (2007-2020) en Playas de Rosarito el coeficiente tuvo un valor de 0.3873 lo que significa que el municipio muestra un valor bajo en la distribución de su ingreso, pero con una tendencia a la concentración a medida que crece económicamente.

Por otro lado el PDUCP-PT (2007-2030), indica valores de Gini de 0.213 en el Sector 1 y 0.322 en el Sector 2 del centro de población de Primo Tapia. Estos resultados revelan que la zona está cerca a la equidad en la distribución del ingreso, sin embargo se tiene que poner atención a los grupos marginados para mantener esa equidad, pues como la tendencia indica, estos valores pueden aumentar y registrarse una mayor concentración del ingreso, es decir que se concentre el ingreso en ciertos grupos de la sociedad.

4.2.6. Hacinamiento





De acuerdo a la CONAPO (2011), el hecho de que dos o más personas duerman en un mismo cuarto es una condición que además de comprometer la privacidad de los residentes en la vivienda, también propicia espacios inadecuados para el desarrollo de distintas actividades esenciales para las personas. El hacinamiento en general tiene efectos negativos en la dinámica y la salud familiar, al igual que en la calidad de vida y en la vulnerabilidad económica y social, ya que entre otras cosas puede originar tensión familiar.

En 2000 el porcentaje de viviendas en el municipio con algún nivel de hacinamiento correspondió al 36.6% disminuyendo 7.5 puntos porcentuales en 2010. En las 25,054 viviendas particulares habitadas, existen 87,373 ocupantes. El promedio de ocupantes por vivienda es de 3.62 y el promedio de ocupantes por cuarto es de 1.05. Los datos del censo del INEGI 2010, en general muestran que no existe un nivel de hacinamiento considerable.

De acuerdo a la información obtenida del censo del INEGI (2010) se tiene que en las localidades urbanas del municipio hay un total de 41 manzanas dentro de la categoría de hacinamiento pues en las viviendas particulares habitadas hay un promedio de ocupantes por cuarto mayor a dos, incluso hay casos en los cuales las manzanas tienen un promedio de siete ocupantes por cuarto; estas manzanas están situadas en la localidad de Primo Tapia. De manera general las manzanas que tienen hacinamiento se encuentran distribuidas indistintamente en el municipio sin ningún patrón aparente (Figura IV.5), aunque se puede mencionar que las manzanas con un promedio de ocupantes por cuarto mayor a cuatro se ubican en las colonias Colinas del Sol, Lucio Blanco, Ampliación Ejido Mazatlán y Primo Tapia.



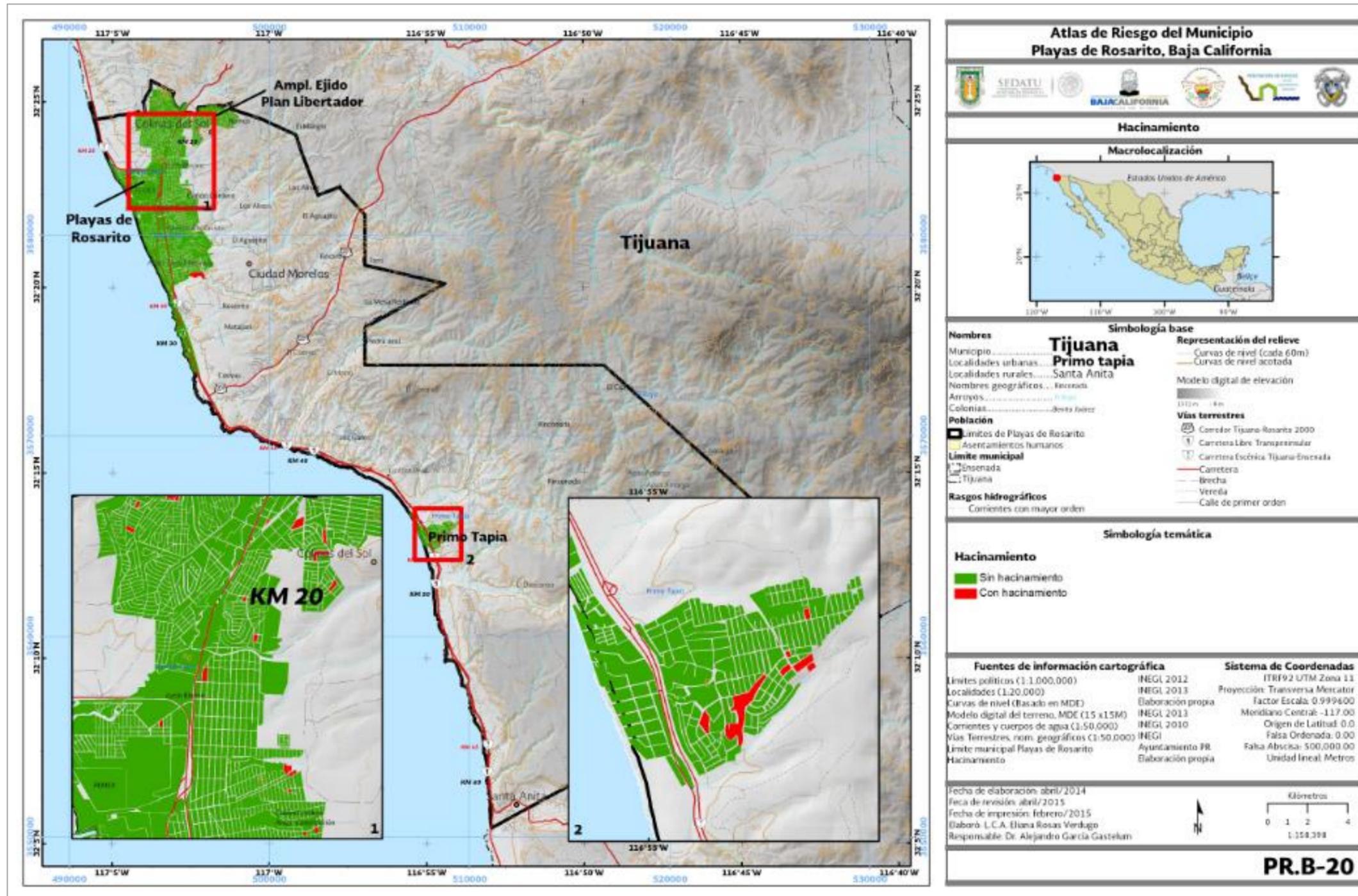


Figura IV.5. Grado de hacinamiento por manzana urbana en el municipio de Playas de Rosarito.



4.2.7. Marginación

4.2.7.1. Índice de marginación por localidad

El índice de marginación es una medida que permite identificar las disparidades territoriales causadas por la falta de acceso a la educación, viviendas inadecuadas, los ingresos monetarios insuficientes y aquellas relacionadas con la residencia en localidades pequeñas (CONAPO,2010). En el caso de Baja California se ubica entre las cuatro entidades con un grado de marginación muy bajo, específicamente se encuentra en el lugar número 30 a nivel nacional.

La Tabla IV.9 muestra el índice de marginación de las localidades ubicadas en Playas de Rosarito con población arriba de mil habitantes, fue realizada según los datos de la CONAPO, 2010 y en ella se observa que la localidad con mayor número de habitantes, Playas de Rosarito, tiene un grado de marginación bajo, con un índice de -1.3; Ampliación Ejido Plan Libertador y Primo Tapia tienen un valor de -1.1 igualmente con bajo grado de marginación. En el caso de Ciudad Morelos, Colinas del Sol y Santa Anita el grado de marginación es medio con un índice de -0.9. En el municipio hay 30 localidades con alto grado de marginación y dos localidades con un grado muy alto, las cuales son Familia Sandoval (Los Tres Chichos) y Lomas de San Ángel con un índice de 1.089 y 0.951 respectivamente.

Tabla IV.9. Índice y grado de marginación de las principales localidades del municipio Playas de Rosarito.
Elaboración propia con datos de CONAPO, 2010.

Localidad	Índice de marginación	Grado de marginación
Playas de Rosarito	-1.3	Bajo
Ampliación Ejido Plan Libertador	-1.1	Bajo
Primo Tapia	-1.1	Bajo
Ciudad Morelos	-0.9	Medio
Colinas del Sol	-0.9	Medio
Santa Anita	-0.9	Medio

4.2.7.2. Índice de marginación por manzana urbana

El índice de marginación por manzana urbana del municipio de Playas de Rosarito se calculó tomando en consideración ocho indicadores socioeconómicos relacionados con educación, viviendas y disponibilidad de bienes, establecidos en el documento elaborado por CONAPO (2010), Anexo C. Metodología de estimación del índice de marginación por localidad. La información que alimenta dicho índice se obtuvo a partir del censo de población y vivienda 2010.



4.2.7.2.1. Indicadores de educación

El rubro de educación refleja los rezagos más significativos desde la perspectiva de marginación, no saber leer ni escribir o no poseer conocimientos básicos para lograr acceder a mayores niveles de bienestar, constituyen una deficiencia crucial para realizar el proyecto de vida (CONAPO, 2010). Los indicadores de educación empleados fueron, población de 15 años o más analfabeta y población de 15 años o más sin primaria completa.

Población de 15 años o más analfabeta (IP15an)

Se refiere a las personas que saben leer y escribir un recado, para ello se tomaron los datos de población total de 15 años o más y la población analfabeta de 15 años o más. Se calculó de la siguiente manera:

Fórmula:

$$IP15_{an} = P_{15} - P_{an}$$

Dónde:

IP15an= Indicador de población de 15 años o más analfabeta

P15= Población de 15 años o más

Pan= Población de 15 años o más analfabeta

Población de 15 años o más sin primaria completa (IP15spc)

El indicador da cuenta del nivel educativo mínimo que comprende conocimientos básicos más allá de saber leer y escribir un recado, definido a través de la población sin escolaridad y aquella con primaria incompleta. Este indicador se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

$$IP15_{spc} = \frac{P15_{se} + P15_{pi}}{P15_{se} + P15_{pi} + P15_{pc} + P15_{si} + P15_{sc} + P18_{epb}}$$

Dónde:

IP15spc= Indicador de población de 15 años o más sin primaria completa

P15se= Población de 15 años o más sin escolaridad

P15pi= Población de 15 años o más con primaria incompleta

P15pc= Población de 15 años o más con primaria completa

P15si= Población de 15 años o más con secundaria incompleta

P15sc= Población de 15 años o más con secundaria completa

P18epb= Población de 18 años o más con educación pos-básica



4.2.7.2.2. Indicadores de vivienda

En lo referente a vivienda se emplearon datos de viviendas sin excusado, carentes de energía eléctrica, viviendas sin agua entubada, ocupantes por cuarto, al igual que aquellas con piso de tierra, en todos los casos se refiere a las viviendas particulares habitadas excepto en lo referente a viviendas sin excusado calculado con el total de hogares.

Viviendas particulares habitadas sin excusado (IVPHse)

Las viviendas que no disponen de excusado se obtienen de la sustracción de aquellas que sí disponen de dicho servicio al total de hogares como se muestra a continuación. El anexo C calcula dicho indicador considerando el total de viviendas particulares habitadas, sin embargo para el caso de las manzanas urbanas de Playas de Rosarito la base de datos de INEGI muestra todos los valores en "0" es por ello que el valor empleado fue el total de hogares por manzana.

Fórmula:

$$IVPH_{se} = \frac{T_h - VPH_{se}}{T_h}$$

Dónde:

IVPHse= Indicador de viviendas particulares habitadas sin excusado

Th= Total de hogares

VPHse= Viviendas particulares habitadas sin excusado

Viviendas particulares habitadas sin energía eléctrica (IVPHsee)

La determinación de este indicador se llevó a cabo por medio de la división de las viviendas particulares habitadas que no disponen de luz eléctrica, entre la suma de las que disponen de luz eléctrica y aquellas que no disponen de este servicio.

Fórmula:

$$IVPH_{see} = \frac{VPH_{see}}{VPH_{see} + VPH_{cee}}$$

Dónde:

IVPHsee= Indicador de viviendas particulares habitadas sin energía eléctrica

VPHsee= Viviendas particulares habitadas sin energía eléctrica

VPHcee= Viviendas particulares habitadas con energía eléctrica

Viviendas particulares habitadas sin agua entubada (IVPHsae)

El indicador se obtiene de la división del número de viviendas particulares habitadas que no disponen de agua entubada en el ámbito de la vivienda, entre la suma de las viviendas que disponen de este servicio y las que no disponen de él.



Fórmula:

$$IVPH_{sae} = \frac{VPH_{sae}}{VPH_{sae} + VPH_{cae}}$$

Dónde:

IVPHsae= Indicador de viviendas particulares habitadas sin agua entubada

VPHsae= Viviendas particulares habitadas sin agua entubada

VPHcae= Viviendas particulares habitadas con agua entubada

Promedio de ocupantes por cuarto en viviendas particulares habitadas (IPOC)

Este valor no fue calculado puesto que se obtuvo directamente de la base de datos de manzanas urbanas del INEGI, 2010.

Viviendas particulares habitadas con piso de tierra (IVPcpt)

El indicador fue calculado a partir de la división de viviendas particulares habitadas que cuentan con piso de tierra, entre la suma de las que tienen piso diferente de tierra y aquellas con piso de tierra.

Fórmula:

$$IVPH_{cpt} = \frac{VPH_{cpt}}{VPH_{pdt} + VPH_{cpt}}$$

Dónde:

IVPcpt= Indicador de viviendas particulares habitadas con piso de tierra

VPHcpt= Viviendas particulares habitadas con piso de tierra

VPHpdt= Viviendas particulares habitadas con piso diferente de tierra

4.2.7.2.3. Indicadores sobre disponibilidad de bienes

Viviendas particulares habitadas que no disponen de refrigerador (IVPHsr)

Por último el indicador de disponibilidad de bienes se obtuvo mediante la división del resultado de la sustracción del número de viviendas particulares habitadas que no disponen de refrigerador del total de hogares por manzana entre el total de hogares.

Fórmula:

$$IVPH_{sr} = \frac{T_h - VPH_{sr}}{T_h}$$



Dónde:

IVPHsr= Indicador de viviendas particulares habitadas que no disponen de refrigerador

Th= Total de hogares

VPHsr= Viviendas particulares habitadas sin refrigerador

Índice y grado de marginación

El índice de marginación fue resultado de la sumatoria de los ocho indicadores, este valor fue normalizado y convertido a porcentaje. Finalmente se manejaron cinco clases para representar el grado de marginación que va de muy alto a muy bajo; los límites inferior y superior utilizados para establecer cada clase se muestran en la tabla IV.10.

Tabla IV.10 Límites para la determinación del grado de marginación.

Fuente: CONAPO, 2010.

Grado de marginación	Límites del IM 0-100	
	Inferior	Superior
Muy bajo	0.10849	4.14836
Bajo	4.14836	6.16786
Medio	6.16786	8.18785
Alto	8.18785	20.30683
Muy alto	20.30683	80.90188

El grado de marginación alto prevalece en el 49% de las manzanas urbanas de los diferentes centros de población del municipio como se muestra en la Figura IV.5; es decir 999 manzanas de un total de 2,035 si bien cuentan con energía eléctrica en sus hogares, el piso de su vivienda no es de tierra y no tienen población analfabeta, algunas de ellas carecen de refrigerador, excusado, agua entubada, además de que existe población sin educación primaria. Cerca del 26% presenta un grado de marginación muy bajo y 19% muy alto.

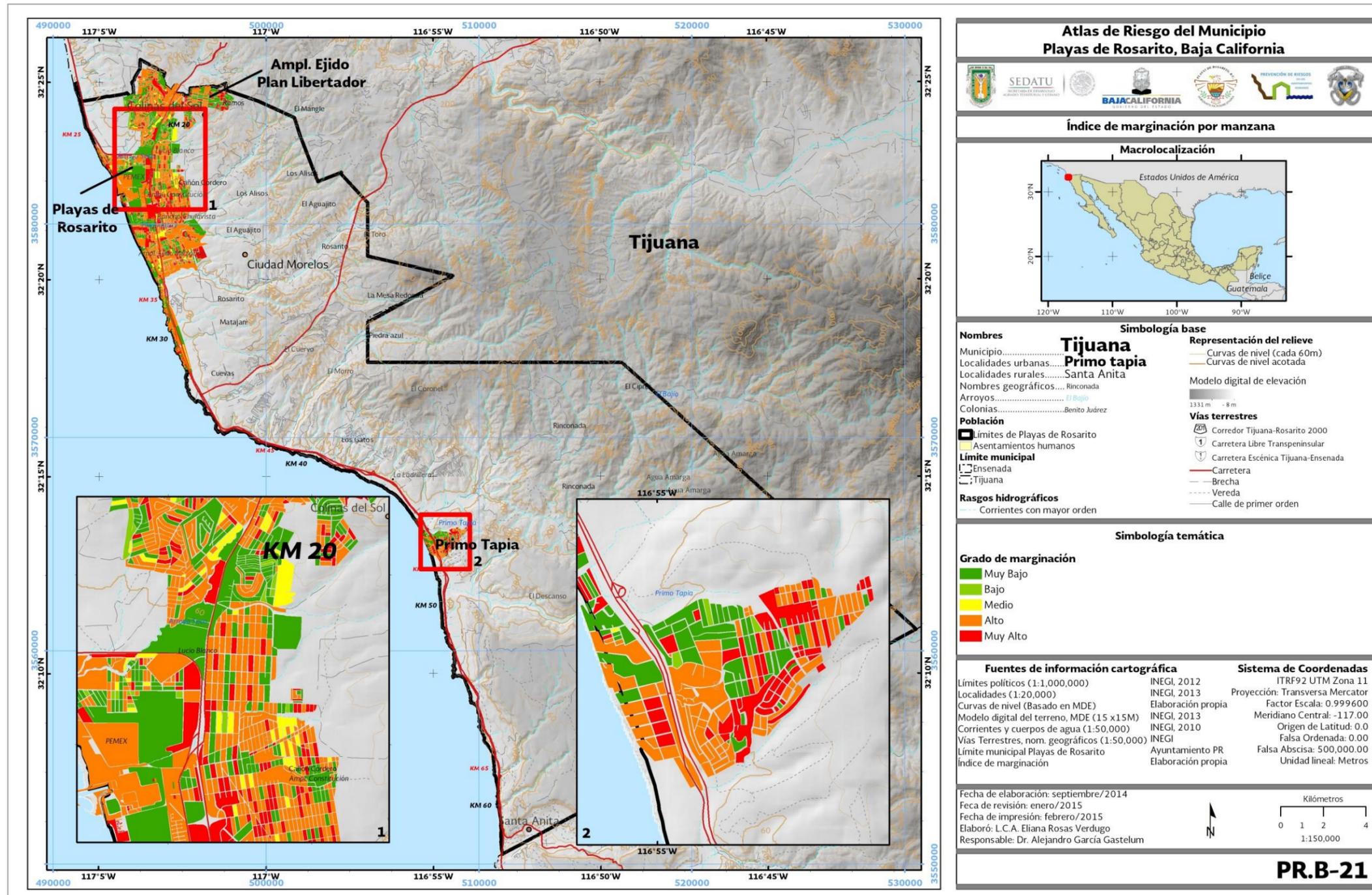


Figura IV.6. Grado de marginación de los centros de población del municipio Playas de Rosarito.



4.3. Equipamiento urbano

El siguiente apartado fue elaborado con base en información vectorial proporcionada en 2014 por el Instituto Municipal de Planeación de Playas de Rosarito (IMPLAN) y algunos fragmentos citados del PDUCP-PR, (2007-2020) y PDUCP-PT, (2007-2030).

4.3.1. Educativo

Dentro del municipio se encuentran cuatro unidades especiales de servicios a la educación y una escuela indígena. En lo que respecta a la educación básica en el municipio se encuentran 45 preescolares, 37 primarias y 23 secundarias. En referencia a la educación media y superior, se encuentran 14 instituciones de nivel medio superior y cuatro de nivel superior, estos planteles se encuentran concentrados en el centro de población de Playas de Rosarito, con un solo plantel de educación media superior en Primo Tapia, con el nombre de CECYTE Plantel Primo Tapia.

4.3.2. Administración pública

El equipamiento de administración pública se refiere a los edificios pertenecientes a la administración del municipio, que se componen por el palacio municipal, el palacio del gobierno del estado y las delegaciones. En el municipio de Playas de Rosarito existen tres delegaciones, cada una de ellas en las principales localidades del municipio: Ejido Plan Libertador, Zona Centro y Primo Tapia.

4.3.3. Asistencia social

Respecto a la asistencia social, se encuentran diversas instituciones destinadas a la protección física, mental y social para personas con necesidad, indefensión física, mental y social que habitan en el municipio, para que con ello puedan lograr una vida plena. Estas instituciones de servicio social las conforman las instalaciones del DIF, casas hogar, centros comunitarios y centros de rehabilitación.

En el municipio de Playas de Rosarito se encuentran 14 centros comunitarios, tres centros de desarrollo integral de la familia (DIF), una casa hogar para adultos mayores y dos centros de rehabilitación, además se encuentra el instituto municipal de la mujer que tiene como objeto promover acciones que garanticen a las mujeres del municipio la igualdad de derechos y oportunidades de desarrollo.

Por la zona de Primo Tapia se ubican alrededor de cuatro centros comunitarios y los centros comunitarios restantes se encuentran en la parte norte del municipio de Playas de Rosarito.

4.3.4. Salud

Se encuentran diversos servicios médicos de atención general y específica. La mayoría de los centros médicos disponibles en el municipio se localizan dentro del centro de población de Playas de Rosarito. Entre los servicios de salud que se presentan en el municipio se encuentran centros de salud, centros de rehabilitación y hospitales, en total suman 10 instalaciones de salud.

4.3.5. Cultura, recreación y deporte

Dentro de las edificaciones culturales en Rosarito se cuentan con nueve centros de cultura, de los cuales tres son bibliotecas, un museo de historia, un centro histórico en Calafia, un auditorio municipal, una casa de la cultura, un centro municipal de arte y cultura y una galería.



El equipamiento deportivo se conforma por canchas, unidades deportivas y campos deportivos, este equipamiento se encuentra distribuido en todo el municipio. Playas de Rosarito cuenta con 29 canchas, tres campos deportivos y seis unidades deportivas, estos sitios se distribuyen principalmente dentro del centro de población de Playas de Rosarito. Los espacios deportivos fuera del centro de población se encuentran en las localidades: Ladrillera Pescador, El Descanso, Primo Tapia y Vista Marina.

En el municipio se cuenta con múltiples áreas verdes, parques y distintos lugares de recreación. En total suman 41 de los cuales: 22 son parques, 13 áreas verdes, un cine y cinco áreas para espectáculos.

4.3.6. Servicios de comunicación

Para servicios de comunicación y seguridad, el municipio cuenta con señal de telefonía celular, correo, cable, telégrafos, telefonía por radio (Nextel), servicios de envío (paquetería) y servicio de telefonía fija prestado por TELNOR (Teléfonos del Noroeste). Además en el Atlas de Riesgo se tiene identificada la ubicación de la antena de radio XEPRS al norte del municipio.

La Central Termoeléctrica tiene más de 50 años produciendo energía eléctrica para la región y es operada por la Comisión Federal de Electricidad (CFE), por otro lado se cuenta con dos subestaciones eléctricas en Popotla y en Primo Tapia (PDUICPPR, 2007).

4.3.7. Servicios urbanos

De acuerdo con datos del Gobierno del Estado (2013), el 90% del municipio posee servicio de alumbrado público, el 72% cuenta con servicio de recolección de basura, el servicio de agua potable está presente en el 65% del territorio y se tienen 4,500 tomas sanitarias como se muestra en la Tabla IV.11.

Tabla IV.11. Cobertura de los servicios públicos en el municipio de Playas de Rosarito.

Elaboración propia con datos de GobBC, 2013.

Servicio	Cobertura (%)
Agua potable	65
Alumbrado público	90
Drenaje urbano	4,500 tomas sanitarias
Recolección de basura	72

4.3.8. Servicios públicos

En Playas de Rosarito se cuenta con tres centrales de policía, una central de la dirección de bomberos y cuatro estaciones de bomberos. Las centrales de policía se ubican en la colonia Benito Juárez cerca del Parque Industrial, otra en Chulavista y la última en Primo Tapia.



La central de la dirección de bomberos se encuentra en Chulavista y las estaciones se encuentran en Primo Tapia, Zona Centro, Ciudad Morelos y Los Ramos.

4.3.9. Funerarias y cementerios

Dentro de este tipo de equipamiento se consideran a empresas que tienen el carácter de funerarias y velatorios en el municipio de Rosarito, para este servicio se cuenta con dos funerarias y un velatorio, estos se encuentran ubicados en la colonia Constitución y Machado Norte.

Los cementerios que se localizan en el municipio, suman un total de seis distribuidos en Ampliación Plan Libertador, Ampliación Ejido Mazatlán, La Ladrillera y Primo Tapia.

En la tabla IV.12 se muestra en general el equipamiento con que cuenta el municipio de Playas de Rosarito descrito en los apartados anteriores.

Tabla IV.12. Equipamiento en el municipio de Playas de Rosarito.

Tipo de equipamiento	Número de edificaciones
Administración pública	5
Asistencia social	21
Edificios de comunicación	8
Edificios de cultura	9
Unidades y canchas deportivas	38
Educación	128
Predios de donación municipal	200
Edificios e infraestructura de recreación	41
Salud	10
Servicios públicos (bomberos y policías)	8
Cementerios	6
Funerarias y velatorios	3

4.3.10. Vías y medios de comunicación

Vías de comunicación

La red carretera del estado está distribuida de manera que permite la comunicación con el país fronterizo vecino, el interior de la República y la intercomunicación de los cinco municipios; tiene una longitud de 11,428 km (SCT, s.f.). La carretera federal libre No. 1 es la que conecta a todos los municipios de la entidad, ésta entronca con la carretera No. 12 que termina en Bahía de los Ángeles, también se tiene la carretera federal 1D la cual es



de cuota que va de Tijuana a Ensenada, la carretera federal No. 2 es la más importante en el estado ya que es la única vía carretera que comunica a Baja California con el resto del país, Tecate y el municipio de Ensenada se conectan a través de la carretera federal No. 3, mientras que la carretera No. 5 enlaza a la ciudad de Mexicali con San Felipe.

De igual manera existen vías férreas (223.2 km) que enlazan a los municipios de Tijuana, Tecate y Mexicali, estas poseen conexión con la red ferroviaria de Estados Unidos, la red de Ferrocarriles Nacionales de México y el Ferrocarril de Chihuahua. Existe un aeropuerto internacional "Abelardo L. Rodríguez" ubicado en la ciudad de Tijuana, un segundo aeropuerto internacional y un aeródromo en Mexicali, un aeródromo en Tecate, mientras que en Ensenada se cuenta con un aeropuerto y 28 aeródromos. En lo referente a puertos están ubicados en El Sauzal, Ensenada, Isla de Cedros, Rosarito, San Felipe, Venustiano Carranza, Bahía Colonet y Costa Azul (SCT, s.f.).

La infraestructura carretera con la que cuenta Playas de Rosarito está definida básicamente por las siguientes vialidades: la vía carretera federal de cuota No. 1D que corre de la ciudad de Tijuana a la ciudad de Ensenada; la carretera federal libre No. 1 conocida como transpeninsular que comunica a la ciudad de Tijuana con el desarrollo turístico y el puerto de Ensenada a través del cruce de Playas de Rosarito, este cruce ocurre en el kilómetro 4.5 y se convierte en el boulevard Benito Juárez, mismo que es el eje principal de la movilidad urbana, en general esta carretera comunica a toda la península como se había mencionado anteriormente. Se cuenta con el Boulevard 2000, una obra que une el sur del municipio con la parte norte de la ciudad de Tijuana. En distintos kilómetros de la carretera dentro del municipio de Playas de Rosarito se ubican tres puentes; en la parte baja del cañón El Descanso, se encuentra el puente conocido como La Posta, en Alisitos se encuentra otro puente con el mismo nombre y el otro se conoce como El Morro que se ubica en la parte baja de la cañada El Morro (GobBC, 2013).

Medios de comunicación

El estado al igual que el resto de país cuenta con servicio de telégrafo, correo, teléfono, estación de microondas, servicio de télex y servicio de internet, existen radiodifusoras, periódicos y revistas locales, canales de TV abierta, por cable y canales norteamericanos.

La disposición del servicio telefónico en el municipio es de 5,119 líneas residenciales; 1,350 comerciales; 297 públicas y 12 líneas privadas. Existen oficinas de telégrafos y correo. Además de tener una cobertura de servicio de telefonía celular por diferentes compañías (GobBC, 2013).

La infraestructura existente en los centros de población del municipio se muestra en la Figura IV.7 y Figura IV.8.

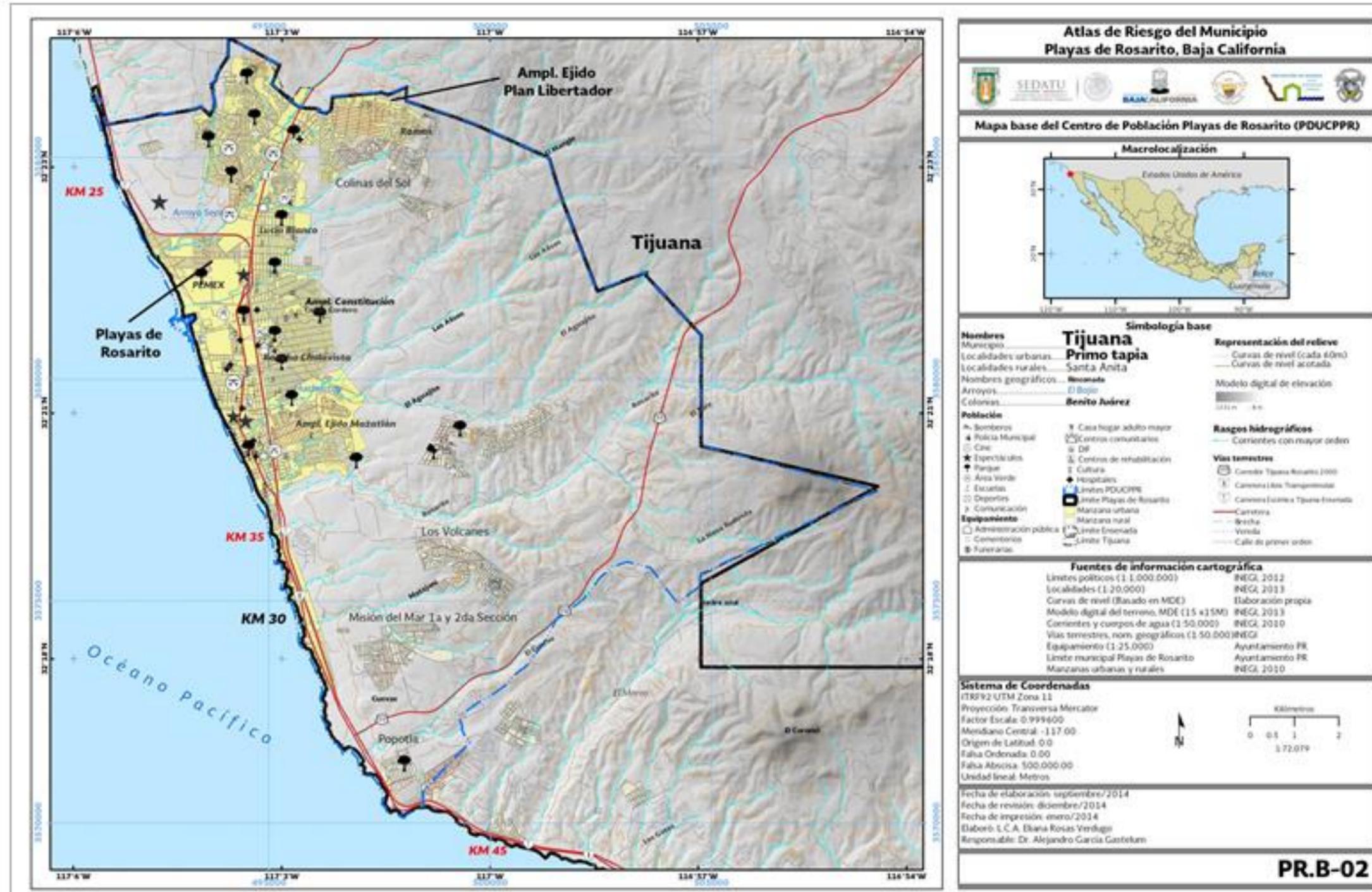


Figura IV.7. Equipamiento del centro de población Playas de Rosarito.

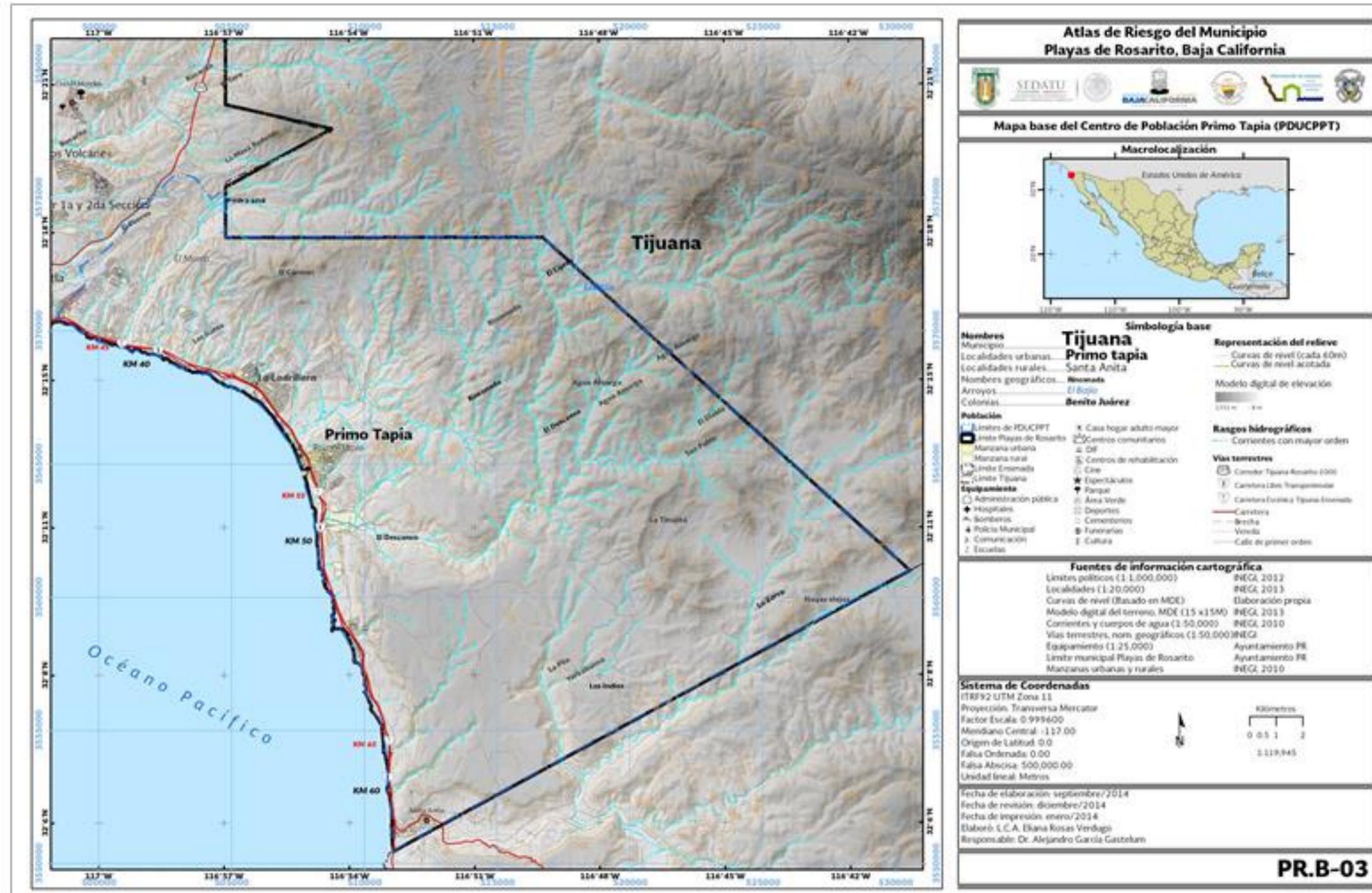


Figura IV.8. Equipamiento del centro de población Primo Tapia.



4.4. Principales actividades económicas

La posición geográfica del estado de Baja California le confiere ventajas importantes en diferentes sectores entre los que podemos mencionar a la industria transformadora, producción primaria, servicios, investigación, innovación y desarrollo, favoreciendo el desarrollo económico. Para 2012 el estado en términos económicos se ubicó en el puesto número 12 a nivel nacional, mientras que en 2013 la desaceleración económica nacional tuvo repercusiones desfavorables en la economía bajacaliforniana registrando un incremento del PIB entre 1.5 y 2% (GobBC, 2014).

El INEGI de acuerdo al sistema de cuentas nacionales de México indica que para el año 2009, las actividades del sector terciario son las que más se desarrollaban en Baja California, aportando cerca del 64% al PIB estatal con actividades como el comercio, servicios financieros e inmobiliarios, transporte e información en medios masivos, servicios educativos y médicos, entre otros, seguido del sector terciario encontramos al sector secundario con un aporte de aproximadamente 33% destacando la actividad de la industria manufacturera, al final se ubican las actividades del sector primario que son la agricultura, ganadería, aprovechamiento forestal, pesca y caza, que contribuye en un 3% al PIB.

El municipio Playas de Rosarito está inserto en una economía regional que tiene importantes ventajas comparativas, pues cuenta con una ubicación estratégica por su cercanía al municipio de Tijuana y a Estados Unidos, lo que implica una dinámica de intercambios económicos y sociales con una de las economías más grandes del mundo. También al contar con costa en el Océano Pacífico tiene enlace con Europa y Asia. La dinámica del municipio propicia cambios y la demanda en generación de proyectos que puedan representar una oportunidad, así como un potencial de crecimiento y desarrollo económico y urbano.

La economía del municipio se encuentra en proceso de crecimiento y depende principalmente de las actividades de los servicios turísticos y comercio, pues los sectores primario y secundario se encuentran menos desarrollados en la región. En el año 2000 el sector terciario tuvo su mayor significación económica con un 55%, mientras que las actividades del sector secundario tuvieron un 36% y el sector primario es casi inexistente con un 3% debido al proceso de urbanización, el porcentaje restante corresponde a actividades no especificadas (PDUCP PR, 2007).

En general, según lo informa el Gobierno del Estado de Baja California se tiene lo siguiente:

- En el sector primario las actividades agropecuarias no son significativas, se encuentran contadas parcelas familiares pequeñas; se siembra en una superficie de 1,527 ha (INEGI, s.f.). Esta actividad se ve limitada por el relieve y la escasez de agua, que son características de esta región, sin embargo se produce algodón, trigo, alfalfa y cebada. Por otro lado la ganadería tiene predominio de ganado lechero, bovino, caprino, entre otros y es un rubro importante en el municipio.
- En el sector secundario, la industria destaca por la presencia de la Central Termoeléctrica Benito Juárez, la planta almacenadora y distribuidora de PEMEX. Además se ha instalado una maquiladora electrónica de primer nivel que ha creado una expectativa de generación de empleos.
- Ahora bien respecto al sector terciario, el municipio cuenta con lugares propicios para el desarrollo turístico que surgió con la construcción de los primeros hoteles en 1925 y 1927, paralelamente a este hecho se inició el establecimiento de los comercios y artesanías. Sin duda el turismo es el centro de gravitación de las actividades económicas de Playas de Rosarito. El turismo contribuye con el 34.4% aproximadamente de los ingresos que percibe el municipio.
- Respecto al comercio, el municipio se encuentra activo, tiene centros de abasto modernos de cadenas estatales y del centro del país. El TLC y el hecho de que pertenece a una región fronteriza inciden en esta actividad. La mayoría de las empresas dedicadas a los servicios se ubican en la cabecera municipal.

4.5. Población económicamente activa

De acuerdo a la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS) en su informe laboral de Baja California de noviembre del año 2014, muestra que la Tasa de desocupación es de 6.1% (promedio de julio a septiembre 2014). De igual manera indica que la población en edad de trabajar (14 años y más), asciende a 2 592,192 de habitantes de los cuales cerca del 60% son consideradas como Población Económicamente Activa (PEA), la cual se



agrupa en desocupados y ocupados (asalariados, trabajadores por cuenta propia, empleadores, sin pagos y otros). La PEA está constituida en un 62% por hombres y 38% por mujeres, este último valor aumentó un 2% respecto al año 2000.

De acuerdo a los datos del INEGI 2010, Playas de Rosarito cuenta con una PEA de 37,526 habitantes, de los cuales el 66.8% son hombres y 33.2% son mujeres y se tiene un 94.4% de la PEA ocupada.

4.6. Reserva Territorial

El crecimiento urbano desordenado se ha tratado de frenar mediante la creación de la Estrategia de Reservas Territoriales para la Vivienda, ésta también trata de impulsar el aprovechamiento eficiente del suelo y la infraestructura instalada. La reserva territorial puede ser pública o privada y puede ser destinada a cualquier sector socioeconómico (vivienda social, vivienda media, vivienda residencial, entre otras).

El estado y los municipios a fin de satisfacer oportunamente los requerimientos de superficie para el crecimiento de los centros de población según lo estipulado en la Ley de Desarrollo Urbano del Estado de Baja California en su artículo 107, pueden valerse de porciones de la reserva territorial, así como de predios adquiridos para satisfacer las necesidades de expansión de la mancha urbana.

El estado cuenta con la reserva territorial suficiente, la cual se encuentra habilitada para el desarrollo urbano como se indica en el Programa sectorial de desarrollo urbano 2009-2013. De acuerdo al Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Playas de Rosarito 2007-2020, el centro de población cuenta con una considerable extensión de suelo de reserva para densificación y crecimiento que va desde aptitud para el desarrollo urbano a la incompetencia de ser transformado en razón a factores geoestructurales o de preservación ambiental, la superficie de reserva es de 5,197.70 ha. La porción sur del centro de población es considerado como reserva residencial turística y mixta turístico principalmente, con porciones destinada para conservación y preservación (Figura IV.9).

En el caso del centro de población Primo Tapia la superficie reservada al crecimiento de la población o que tiene la aptitud para ello, será de 12,415.99 ha; si bien una porción del Sector 3 del centro de población está destinado como reserva, la limitación de la cota de servicio de agua potable de 350 msnm restringe la superficie susceptible de uso. El principal uso de suelo es el habitacional como se muestra en la Figura IV.9 (POBC, 2010).

De acuerdo a la reserva territorial enunciada en los Programas de Desarrollo Urbano citados anteriormente, la reserva territorial total para el municipio Playas de Rosarito es de 17,613.69 ha.

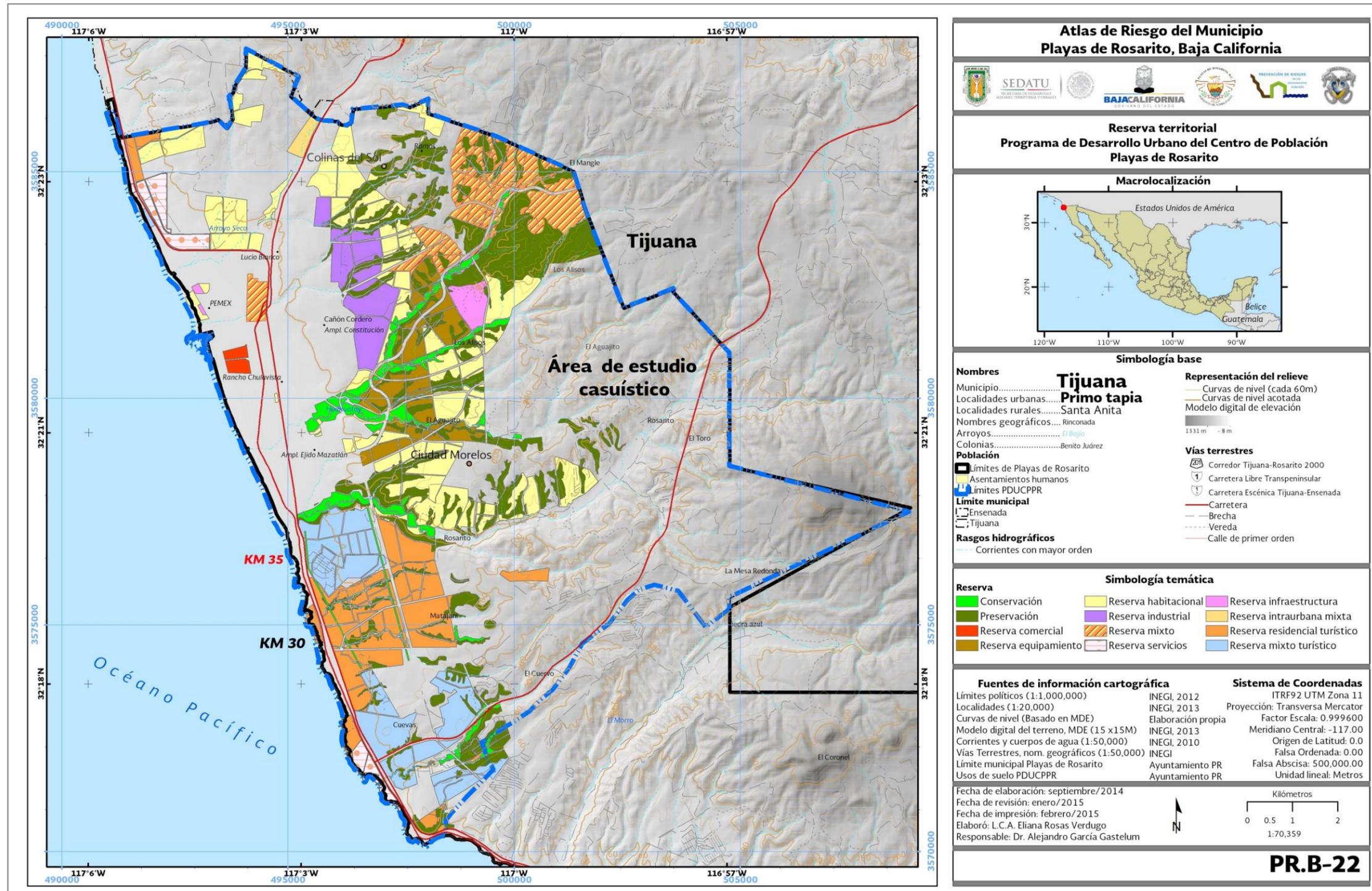


Figura IV.9. Reserva territorial del centro de población Playas de Rosarito, según el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Playas de Rosarito 2007-2020.

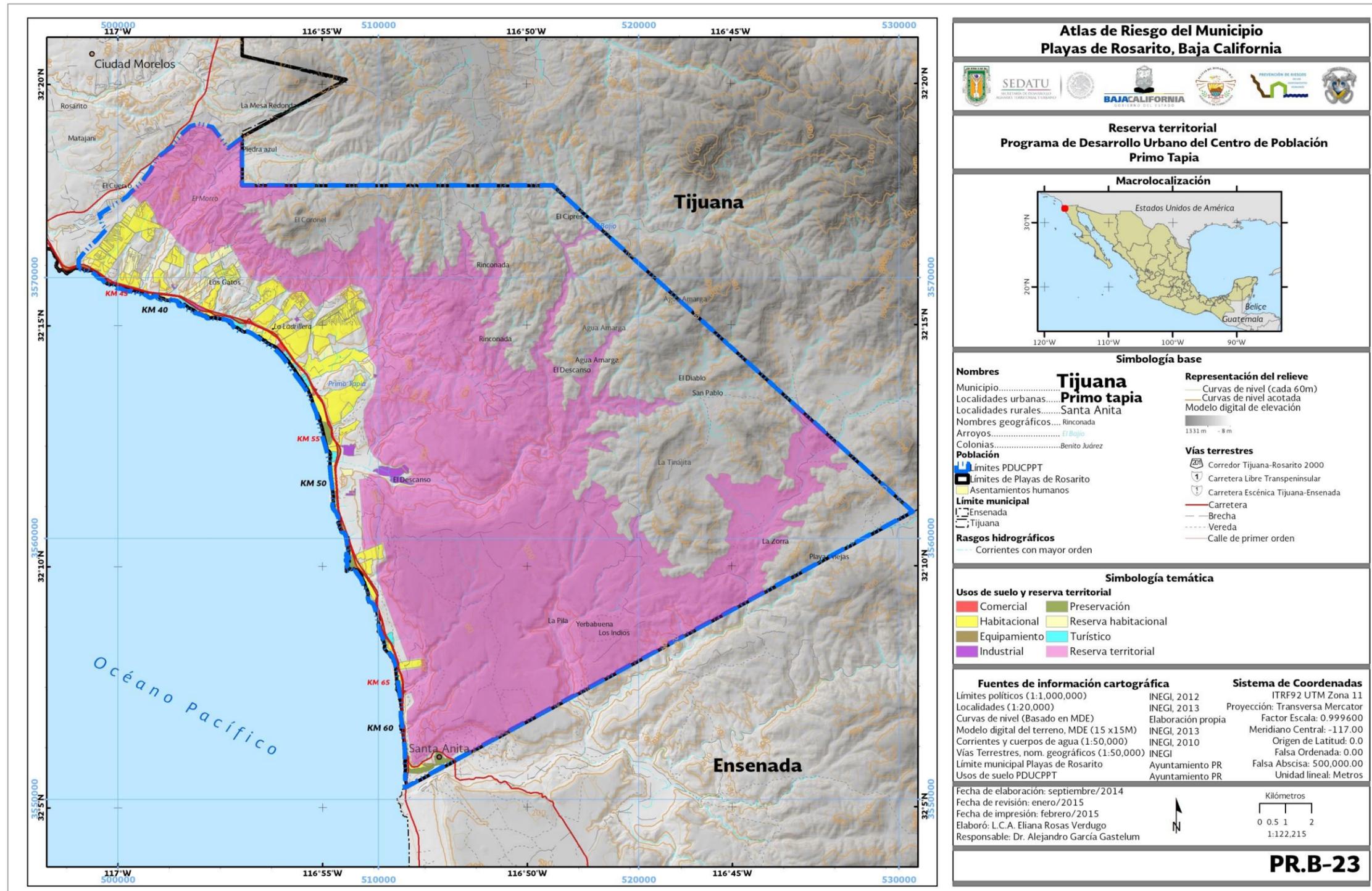


Figura IV.10. Reserva territorial del centro de población de Primo Tapia, según el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Primo Tapia.



4.6.1. Zona metropolitana

La zona metropolitana es concebida como el espacio territorial de influencia dominante de un centro de población que se constituye por dos o más municipios en donde se encuentra una ciudad de 50 mil habitantes o más, cuya área urbana, actividades y funciones rebasan el límite del municipio que los contiene (POBC, 2013; INEGI, 2012). En Baja California existen dos zonas metropolitanas (ZM), la ZM 02 Tijuana y la ZM 03 Mexicali; la primera presenta actualmente una mayor tasa de crecimiento media anual (2.5), sin embargo si comparamos el comportamiento de la tasa de crecimiento de las dos zonas en el periodo de 1990-2000, la zona 03 presentó un crecimiento de 2.4 disminuyendo a 2.0 entre 2000-2010, por su parte la zona 02, en el primer periodo registró un tasa de crecimiento de 5.4, disminuyendo a más de la mitad en 2000-2010.

El municipio Playas de Rosarito forma parte de la zona metropolitana 02 Tijuana constituida por los municipios de Tecate, Tijuana y Playas de Rosarito que ocupa la posición número 13 en México desde el contexto económico (INEGI, 2012). De acuerdo a la Delimitación de las Zonas Metropolitanas de México, realizada por SEDESOL, INEGI y CONAPO en el 2004, está declarado de manera oficial la conurbación intermunicipal entre la ciudad de Tijuana, Playas de Rosarito y Tecate, cuyo espacio se delimitó integrando los centros de población de las tres ciudades (Figura IV.11).

En esta zona metropolitana residen 1, 751,430 habitantes correspondientes al 56% del total de la población del estado y produce 150, 346,030 pesos según el Censo Económico de 2009, lo que representa 1.4% de producción entre todas las zonas metropolitanas de México (INEGI, 2012).

De acuerdo con los resultados del Censo Económico 2009 en la zona metropolitana de Tijuana, sobresale el sector manufacturero por el número de personal ocupado total con 43.8%, la producción bruta total con 53.5% y el valor agregado censal bruto con 52%.

La información por municipio indica que Tijuana resalta en todas las variables analizadas: en unidades económicas con 87.5%, en personal ocupado total con 90.6%, en producción bruta total con 90.8% y en el valor agregado censal bruto con 90.6% (INEGI, 2012).

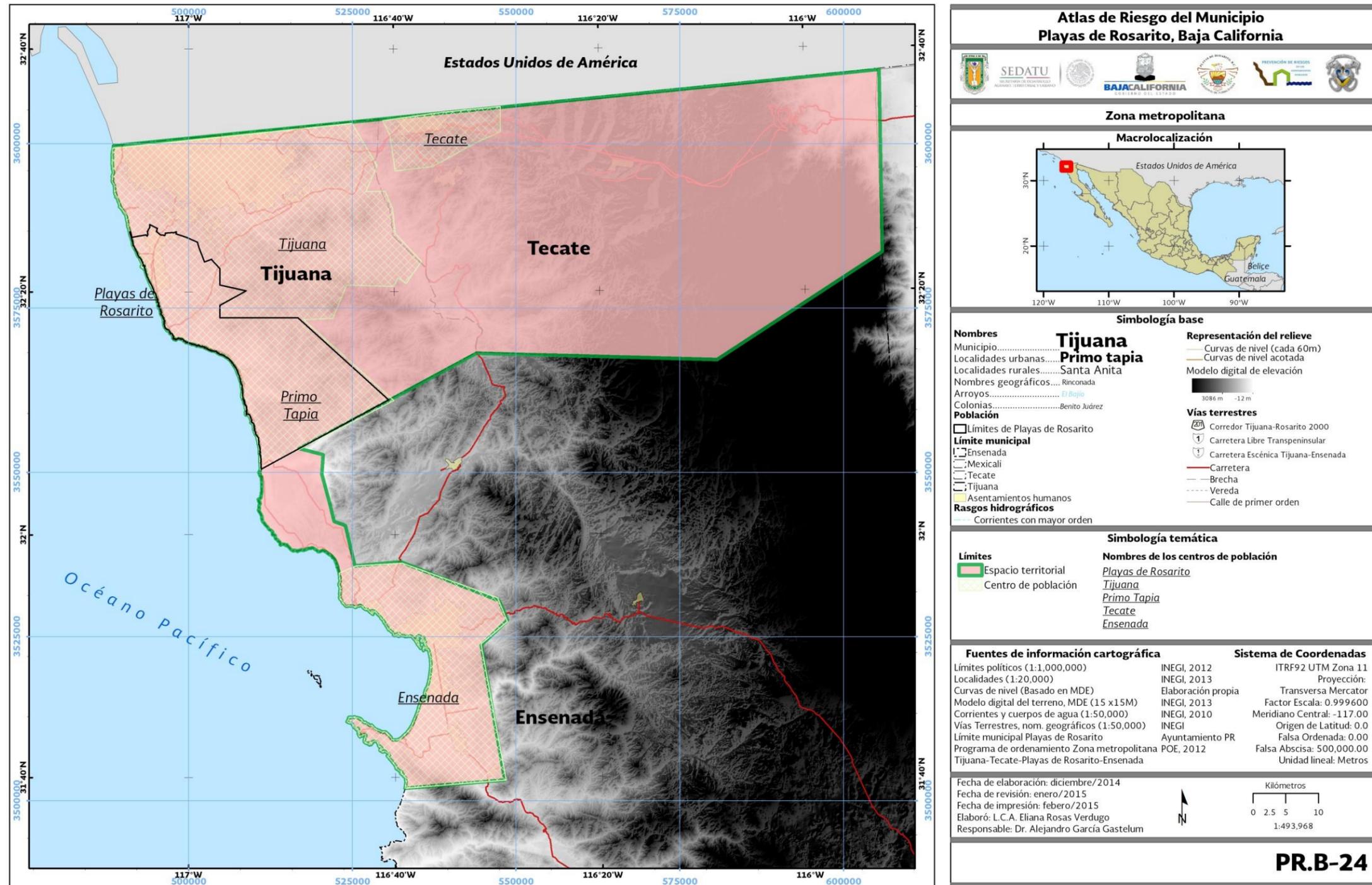


Figura IV.11. Delimitación de la Zona Conurbada Tijuana-Tecate-Rosarito.

Fuente: Secretaria de Infraestructura y Desarrollo Urbano. Elaborado a partir del Programa de Ordenamiento Territorial de la Zona Metropolitana de Tijuana, Tecate, Playas de Rosarito y Ensenada Baja California, 2012.



CAPÍTULO V. Identificación de peligro, vulnerabilidad y riesgo ante fenómenos perturbadores de origen natural

Los fenómenos naturales son inevitables pues son parte del funcionamiento intrínseco de la Tierra, sin embargo pueden provocar desastres devastadores que afecten fuertemente a la población. A pesar de que los fenómenos naturales son inevitables, los desastres que provocan sí pueden ser evitados en la medida de lo posible, siempre y cuando se tengan los conocimientos del funcionamiento de la tierra, de cómo se presentan estos fenómenos perturbadores y cómo la población puede ser susceptible de sufrir por uno de estos eventos. Conocer los fenómenos que pueden afectar al municipio y saber dónde, cuándo y cómo afectarán a la población permitirá plantear estrategias de prevención y mitigación de riesgo; con esto se pueden reducir los impactos negativos que un desastre pueda tener sobre la sociedad.

En el presente capítulo se muestran los resultados del análisis de susceptibilidad, peligro y amenaza de fenómenos perturbadores de tipo geológico e hidrometeorológico, de igual manera se propone un índice para la determinación de la exposición física y vulnerabilidad social.

5.1. Fenómenos Geológicos

La ubicación geográfica del territorio, su orografía y clima generan condiciones que pueden afectar al municipio, por ejemplo, la incidencia de sismos, el movimiento de fallas, las lluvias atípicas, entre otros, aunadas a actividades humanas específicas como la minería, explotación de acuíferos entre otros, son algunos factores que propician la inestabilidad de laderas, hundimientos, entre otros fenómenos perturbadores que pueden generar desastres.

Los fenómenos geológicos son agentes perturbadores que tienen como causa directa las acciones y movimientos de la corteza terrestre. Para conocer la situación en la que se encuentra el municipio de Playas de Rosarito respecto a los fenómenos geológicos, en este capítulo se analizan los siguientes fenómenos: vulcanismo, sismos, tsunamis, inestabilidad de laderas (deslizamientos, caídos o derrumbes y flujos), hundimientos, subsidencia, agrietamientos, fallas y fracturas.

5.1.1. Vulcanismo

El vulcanismo es una manifestación de la energía interna de la Tierra. El grado de equilibrio alcanzado en la Tierra permite sustentar la vida; sin embargo, en su interior la energía aún busca un equilibrio por medio de complicados mecanismos de enfriamiento (CENAPRED, 2014).

La Tierra tiene una estructura interna en la cual se pueden distinguir la corteza, el manto terrestre y el núcleo. En el manto terrestre existe material rocoso que en ciertas condiciones de presión y temperatura permanece como roca sólida; sin embargo, cuando ese tipo de materiales cambia sus condiciones se convierte en roca fundida llamada magma. El magma permanece inmóvil por largos períodos en el subsuelo y no siempre sale a la superficie, entonces se solidifica y forma enormes estructuras de roca volcánica. No obstante, cuando la roca está fundida tiene menor densidad que la sólida, y entonces tiende a subir a la superficie, produciendo una erupción volcánica. Ahora bien, un volcán es el sitio donde el magma y sus derivados salen y forman una estructura aproximadamente cónica alrededor del punto de salida (CENAPRED, 2014).

La probabilidad de que alguna manifestación volcánica específica sea potencialmente dañina, como por ejemplo flujos piroclásticos o lluvia de ceniza, puedan presentarse en un área o región particular del entorno de un volcán, en un intervalo de tiempo dado se denomina peligro volcánico.



5.1.1.1. Índice de amenaza por vulcanismo

5.1.1.1.1. Metodología y memoria de cálculo para la determinación de la amenaza por vulcanismo

La evaluación de la amenaza en caso de que ocurra una erupción volcánica se realizó a nivel uno según lo indicado en el Capítulo II. Este nivel incluyó en principio una revisión bibliográfica a fin de conocer la ubicación geográfica de campos volcánicos o volcanes activos, así como sus características y los antecedentes sobre erupciones y sus alcances, esta información se utilizó para poder así determinar la cercanía del municipio respecto a dichos volcanes.

El municipio fue ubicado dentro del contexto geológico nacional para determinar si la presencia de actividad volcánica podría afectarlo, esto es si el municipio se encuentra a una distancia menor de 100 km de un volcán considerado como peligroso. De acuerdo a la información recopilada, se determinó que la actividad eruptiva de los volcanes que se encuentran próximos al municipio no podrá afectarlo, por lo tanto no hay amenaza por la ocurrencia de este tipo de fenómeno.

Aunado a lo anterior y para fortalecer la metodología, se aplicó una encuesta a integrantes de la sociedad residentes en el municipio con la finalidad de saber si la población tiene conocimiento acerca de la posible ocurrencia del fenómeno perturbador.

5.1.1.1.2. Resultados del análisis

De acuerdo a los análisis realizados este fenómeno no representa una amenaza para el municipio de Playas de Rosarito por lo que no se obtuvieron datos relacionados con el número de manzanas urbanas y población ubicada en zonas ponderadas en alto y muy alto nivel de amenaza.

5.1.1.1.3. Ponderación de la amenaza

De acuerdo a los análisis realizados este fenómeno no representa una amenaza para el municipio de Playas de Rosarito por lo que no se establecieron niveles de amenaza.

5.1.1.1.4. Amenaza por vulcanismo

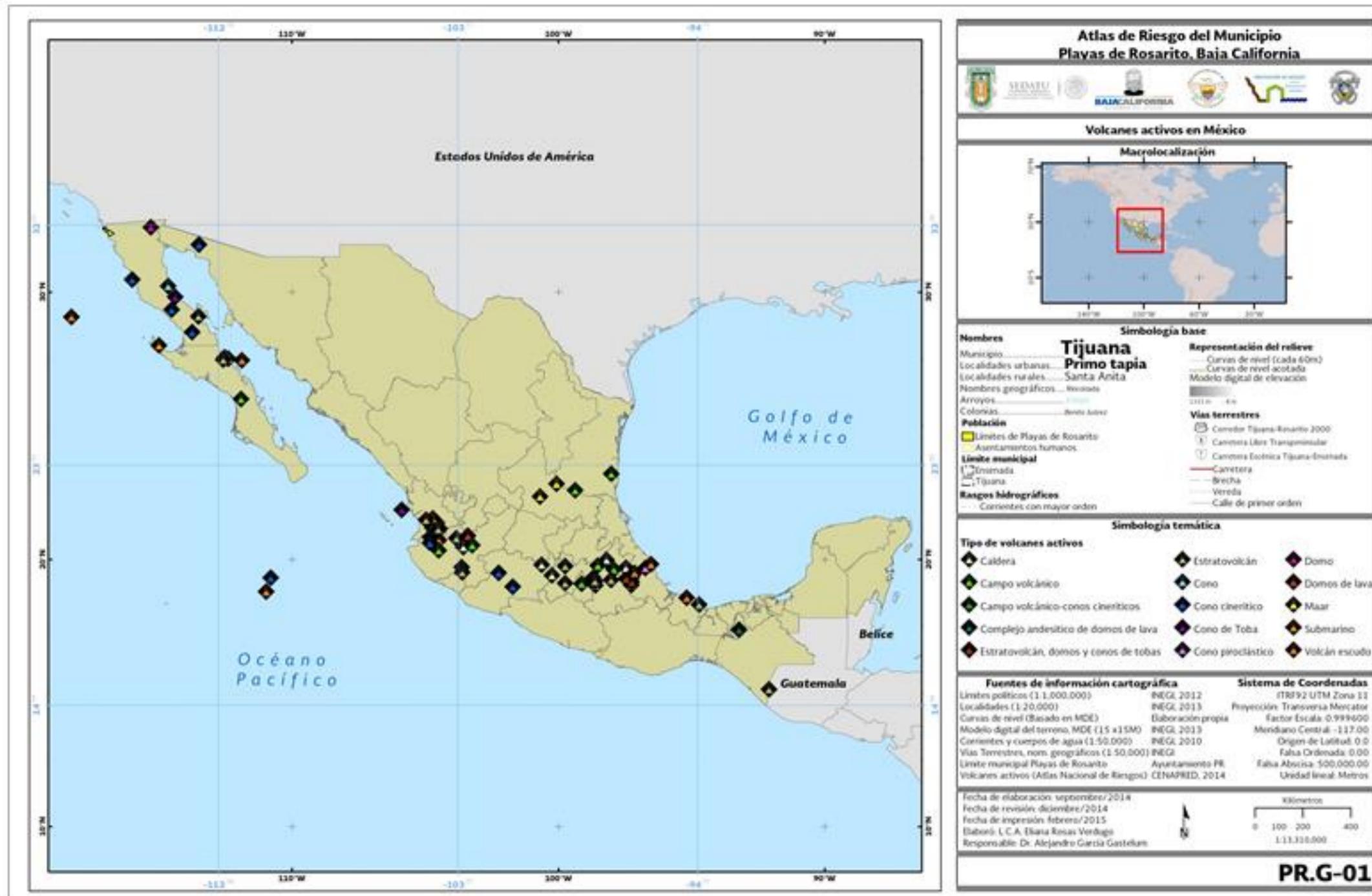


Figura V.1. Ubicación geográfica de los volcanes activos de México.

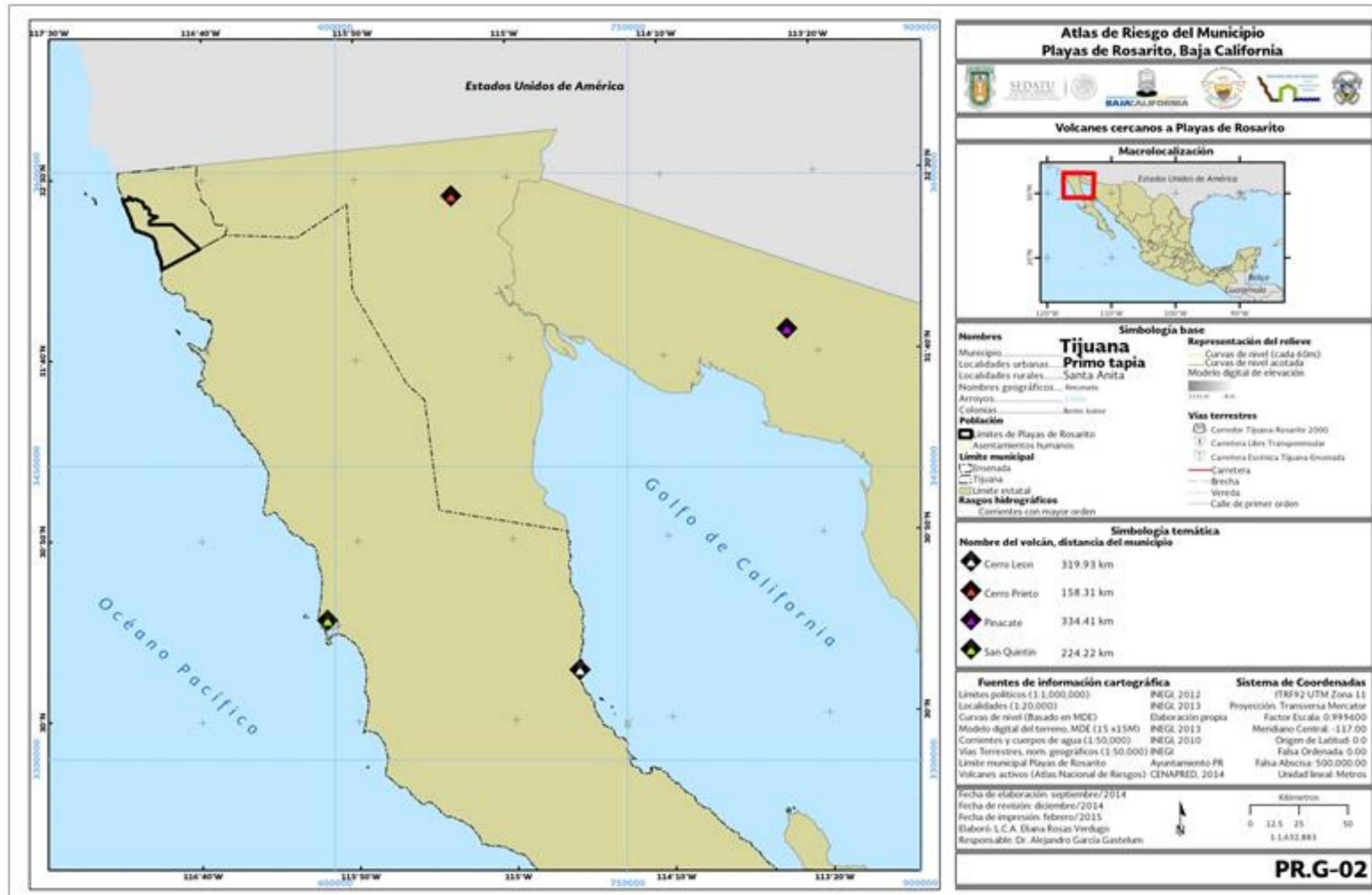


Figura V.2. Volcanes activos de México cercanos al municipio Playas de Rosarito.

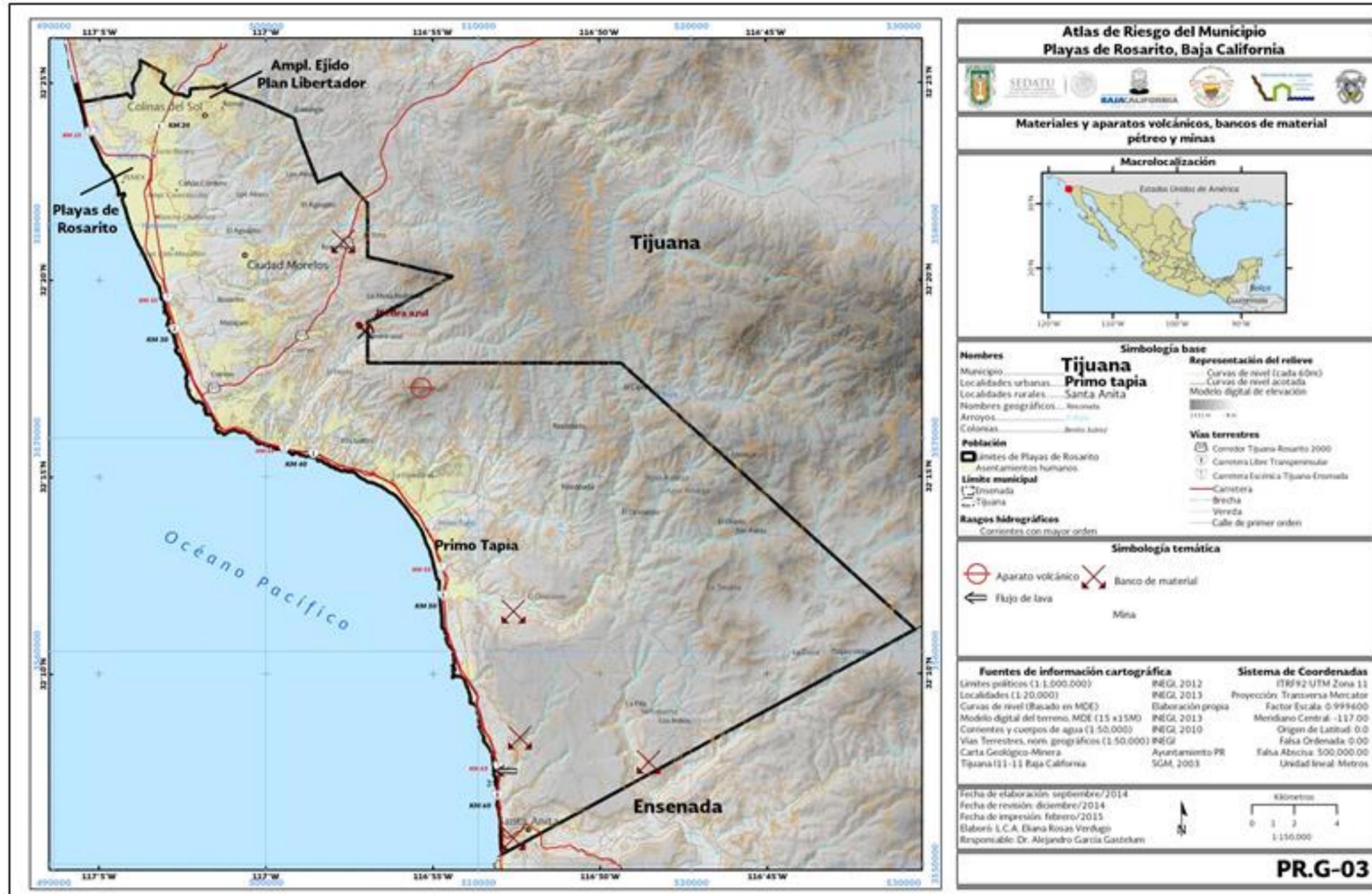


Figura V.3. Aparatos volcánicos, bancos de materiales pétreos y minas.

En México la región circunpacífica es la parte más rica en volcanes. La interacción de las placas tectónicas Rivera y Cocos y la placa Norteamericana se manifiesta en la Faja Volcánica Mexicana (FVM). Ésta cuenta con más de 1,200 km de extensión, un ancho que varía entre los 20 y 150 km y una orientación aproximada Este-Oeste a lo largo del paralelo 19° (CENAPRED, 2014).

Aunque la FVM es la zona con más volcanes en México, no es la única región volcánica. Se ha reportado actividad importante en el noroeste (Baja California y Sonora), islas del Pacífico (principalmente las Revillagigedo) y en el sureste (Chiapas). Durante las erupciones volcánicas se originan diversos materiales como son lava, ceniza, vapores, rocas y gases, lo que puede tener efectos destructivos en bienes materiales, vidas humanas, en el entorno en general (CENAPRED, 2014).

De los más de 2,000 volcanes que hay en México, 67 son considerados activos (Tabla V.1, Figura V.1), de los cuales cuatro se encuentran cerca del municipio Playas de Rosarito (Figura V.2): Cerro Prieto (a 158.31 km), San Quintín (a 224.22 km), Cerro León (a 319.93 km) y Pinacate (a 334.41 km); como se puede notar, estos volcanes están a más de 100 kilómetros de distancia y tres de ellos tienen una categoría cero en la escala del Índice de Explosividad Volcánica (VEI, por sus siglas en inglés), por lo que el municipio no se encuentra vulnerable a los efectos de ellos en caso de que se presente una erupción volcánica.

Tabla V.1. Volcanes activos de México.

Fuente: CENAPRED, 2014.

Categoría	Nombre	Elevación	Tipo	Estado
0	Cerro Prieto*	223	Domo	Baja California
0	Sin Nombre	0	Submarino	Baja California
0	Cerro León*	280	Cono	Baja California
0	Santa María del Oro	1120	Maar	Nayarit
1	El Chichón o Chichonal	1070	Complejo andesítico de domos de lava	Chiapas
1	Paricutín	3860	Cono cinerítico	Michoacán
1	Jorullo	1218	Cono cinerítico	Michoacán
1	Bárcena	332	Cono cinerítico	Archipiélago de las Revillagigedo
4	Los Azufres	3400	Caldera	Michoacán
4	Sierra la Primavera	2270	Caldera	Jalisco
4	Zitácuaro	3500	Caldera	Michoacán
5	Pinacate*	1200	Cono cinerítico	Sonora
5	Isla San Luis	180	Cono de Toba	Norte del Golfo de California
5	Campo volcánico Acatlán	1990	Caldera	Jalisco
5	Acoculco	3020	Caldera	Puebla
5	El Aguajito	1300	Caldera	Costa del Golfo de California
5	Mesa Guadalajara Norte	1820	Domos de lava	Jalisco
5	La Reforma	1300	Caldera	Baja California Sur
5	San Pedro	2000	Caldera	Nayarit
0	Papayo	3600	Domo	Estado de México
5	Sanganguey	2340	Estratovolcán	Nayarit
5	Tepetitlic	2020	Estratovolcán	Nayarit
5	Tequila	2920	Estratovolcán	Jalisco



Categoría	Nombre	Elevación	Tipo	Estado
5	Durango	2075	Campo Volcánico-conos cineríticos	Durango
5	Cántaro	2920	Estratovolcán	Colima
5	Las Flores	520	Campo Volcánico	Tamaulipas, Nuevo León y San Luis Potosí
5	Cerro Grande	3050	Campo Volcánico	Tlaxcala
5	Guadalupe	1100	Volcán escudo	Isla al Oeste de Baja California Norte
5	Campo Volcánico Jaraguay	960	Cono cinerítico	Baja California
5	Las Navajas	1680	Volcán escudo	Nayarit
5	Atenguillo Norte	1700	Volcán escudo	Jalisco
5	Campo Volcánico San Borja	1360	Cono cinerítico	Baja California
5	San Martin Pajapan	1250	Estratovolcán	Veracruz
5	Campo Volcánico San Sebastián	1780	Cono cinerítico	Jalisco
5	Campo Volcánico Santo Domingo	1550	Maar	San Luis Potosí
5	Sur de Guadalajara	2160	Campo Volcánico	Jalisco
5	Campo Volcánico Ventura	2035	Maar	San Luis Potosí
5	Los Volcanes	2080	Campo Volcánico	Jalisco
0	Campo Volcánico Mascota	2560	Cono cinerítico	Jalisco
0	Coronado	440	Estratovolcán	isla Coronado, frente a la costa oriental de Baja California
0	La Gloria	3500	Campo Volcánico	Veracruz
1	Volcán de Colima	3850	Estratovolcán	Colima y Jalisco
1	Popocatepetl	5454	Estratovolcán	Puebla, Morelos y Estado de México
1	Ceboruco	2280	Estratovolcán	Nayarit
1	Citlaltépetl (Pico de Orizaba)	5700	Estratovolcán	Puebla y Veracruz
1	San Martin Tuxtla	1650	Volcán escudo	Veracruz
2	Tacana	4060	Estratovolcán	Chiapas
2	Chichinautzin	3930	Campo Volcánico	Estado de México y Distrito Federal
2	Jocotitlán	3900	Estratovolcán	Estado de México
3	Nevado de Toluca	4680	Estratovolcán	Estado de México
3	Tres Vírgenes	1940	Estratovolcán	Baja California Sur
3	Las Cumbres	3940	Estratovolcán, domos y conos de tobas	Puebla y Veracruz
3	Serdán-Oriental	3485	Estratovolcán, domos y conos de tobas	Puebla
3	La Malinche	4461	Estratovolcán	Tlaxcala y Puebla
3	Campo Volcánico Naolinco	2000	Cono piroclástico	Veracruz
4	Los Humeros	3150	Caldera	Puebla
4	San Juan	2240	Estratovolcán	Nayarit
5	Iztaccíhuatl	5230	Estratovolcán	Puebla y Estado de México
5	Everman o Socorro	1050	Volcán escudo	Archipiélago de las Revillagigedo
5	Cofre de Perote	4282	Volcán escudo	Veracruz
0	San Quintín*	260	Cono cinerítico	Baja California



Categoría	Nombre	Elevación	Tipo	Estado
0	Isla Tortuga	210	Volcán escudo	Baja California Sur
0	Isla Isabel	95	Cono de Toba	Nayarit
0	Aldama	600	Campo Volcánico	Tamaulipas
0	Apan-Tezontepec	3100	Campo Volcánico	Hidalgo, Tlaxcala y Estado de México
0	Los Atlixcos	800	Volcán escudo	Veracruz
0	Comondú - La Purísima	780	Campo Volcánico	Baja California Sur

* Volcanes cercanos al municipio Playas de Rosarito.

En general existen varios aparatos volcánicos en Playas de Rosarito, por ejemplo: cerros, lomas, mesetas, volcanes, hoyas, estratovolcanes y domos. Un cerro es una estructura con una elevación en el terreno menor que una montaña y comúnmente peñascosa, que se encuentra aislada en llanuras o entre accidentes montañosos (De la Fuente y Verma, 1993). Según la Carta Geológica-Minera del Servicio Geológico Mexicano en el municipio se encuentra un aparato volcánico (Figura V.3), en el denominado cerro El Coronel, ubicado en la formación de Playas de Rosarito del Mioceno, una formación de rocas andesitas y basaltos (SGM, 2003). Este aparato volcánico no representa una amenaza para el municipio por no estar activo.

5.1.2. Sismos

En este documento se utilizarán los términos sismo, terremoto y temblor como sinónimos. En México, particularmente en Baja California, las ciudades se encuentran asentadas en una zona altamente sísmica, pues el estado está ubicado en la región de convergencia de dos placas tectónicas: la placa Norteamericana y la del Pacífico. Estas placas tienen un movimiento relativo horizontal de aproximadamente cinco centímetros al año, y estas interacciones se manifiestan a través de un complejo sistema de fallas geológicas.

La sismicidad es uno de los fenómenos derivados de la dinámica interna de la Tierra que ha estado presente en la historia geológica del planeta y continuará manifestándose de manera similar a lo observado en el pasado. Este fenómeno natural causa cuantiosos daños a la población, desde medioambientales, económicos y materiales, hasta personales. Estos daños pueden ser de tipo directo o indirecto (consecuencia de tsunamis, fuego, deslizamientos, licuefacción, etc.), (CENAPRED, 2006).

Los sismos pueden ser naturales o artificiales; los naturales pueden ser los siguientes:

- Sismos tectónicos. Son generados por la interacción de las placas tectónicas. A su vez, este tipo de sismos tienen dos clases, los interplaca (producto de la fricción de las placas) y los intraplaca (generados en la parte interna de las placas).



- Sismos volcánicos. Se presentan simultáneamente con una erupción volcánica; son provocados principalmente por el fraccionamiento de rocas debido al movimiento del magma. Puede haber decenas de sismos de este tipo en el día, sin embargo no son tan grandes como los sismos tectónicos.
- Sismos de colapso. Cuando se derrumban los techos de cavernas y minas se produce este tipo de sismos. Por lo regular suceden en la superficie y se sienten en zonas reducidas.

Por otro lado, los sismos artificiales son aquellos producidos por actividades humanas, es decir por medio de explosiones con fines de investigación y/o explotación de bancos de material.

Los sismos no son predecibles, ya que no se puede conocer con exactitud el lugar y la fecha en la cual van a producirse, ni la intensidad que tendrán; sin embargo pueden realizarse estudios estadísticos con base en la historia de los terremotos.

5.1.2.1. Índice de peligro por sismos

5.1.2.1.1. Metodología y memoria de cálculo para la determinación del peligro por sismos

En el análisis de este fenómeno perturbador como primer acercamiento se ubicó al municipio en el contexto nacional de la Regionalización Sísmica, tomada de la Comisión Federal de Electricidad (CFE). Posteriormente se obtuvo una base de datos con información de los epicentros de eventos sísmicos del municipio de Rosarito y sus alrededores, sucedidos entre el periodo del 2000 al 2014, la información fue recabada de la Red Sísmica del Noroeste de México (RESNOM). La información fue representada en un mapa respectivamente.

Cálculo de periodo dominante

Kanai, 1983 en Acosta y colaboradores (2009), mencionan que la microzonificación sísmica de una zona urbana implica la creación de no solo uno, si no varios tipos de mapas, que cartografíen los diferentes parámetros de interés a la ingeniería de terremotos, como son aceleraciones y velocidades máximas del suelo, mapas de intensidades sísmicas, valores máximos de los espectros de respuesta y periodos dominantes del movimiento del suelo.

CICESE-SEDESOL (2009), señalan que las edificaciones pueden ser dañadas en mayor medida por los movimientos sísmicos cuando su periodo fundamental de vibración es similar o igual al periodo dominante del movimiento del suelo. El peligro por sismos en el municipio de Playas de Rosarito, se basó en el trabajo denominado “Estudio para la identificación de la microzonación sísmica en la colonia Ampliación Ejido Plan Libertador, municipio de Playas de Rosarito, Baja California”, en el cual se caracteriza la respuesta sísmica sobre la superficie del asentamiento de la zona urbana, que determina el periodo dominante del suelo empleando la técnica de Nakamura (1989), que relaciona las componentes horizontal y vertical del suelo y cuyo valor depende de las características físicas y geométricas de la estratigrafía somera. Este estudio se adecuó para realizar el análisis de peligro en el municipio, es así que se partió de los resultados de las mediciones de microtemores, realizado en nueve sitios. Los resultados de las mediciones se concentran en la Tabla V.2.

Tabla V.2. Resultados de las mediciones de microtemores.

Fuente: CICESE-SEDESOL, 2009.



Sitio	Periodo dominante (s)	Frecuencia Dominante	Geología Superficial	Localización
1	0.18	5.5	Formación San Diego inferior (marino)	Polígono 2045
2	0.19	5.2	Formación. San Diego inferior (marino)	Polígono 2045
3	0.10	10.0	Formación. Rosarito Beach (volcánico)	Parte Baja Polígono 2045 Programa Habitat
4	0.80	1.2	Mioceno - Marino fluvial	Centro de Convenciones Tijuana
5	0.25	4.0	Cuaternario - Marino fluvial	Planta PEMEX Rosarito
6	0.50	2.0	Cuaternario – Aluvial	Zona Comercial Centro Rosarito
7	0.16	6.25	Formación. Rosarito Beach (volcánico)	Cruce Autopista y entrada sur a Rosarito)
8	0.28	3.6	Cuaternario – Basalto	Área Asentamientos Humanos
9	0.35	2.8	Formación. Rosario Cretácico, marino	Cruce Autopista-Blvd. 2000

Si bien el periodo dominante es ampliamente utilizado para determinar reglamentos de construcción antisísmicos, para este análisis se tomaron los sitios donde tendría un mayor impacto relativo un sismo. En la Tabla V.3 se muestran los valores asignados de acuerdo al periodo dominante.

Tabla V.3. Asignación de valores de acuerdo al tipo de periodo.

Periodo Dominante	Valor	Justificación
0 – 0.2	0.2	Periodos dominantes cortos menores a 0.5
0.2 – 0.4	0.4	
0.4 – 0.6	0.6	Periodos dominantes largos con mayor peligro
0.6 – 0.8	0.8	
➤ 0.8	1	

5.1.2.1.2. Resultados del análisis

En el análisis realizado de la aceleración pico del suelo con un periodo de retorno de 50 años y una probabilidad de excedencia del 2% se tiene que el 100% de la población que habita en manzanas urbanas se encuentra en zonas con un peligro alto a este fenómeno. Existen 2,035 manzanas urbanas ubicadas en esta categoría (Tabla V.4).

Tabla V.4. Población del municipio Playas de Rosarito ubicada en zonas en alguna categoría de peligro por aceleración del terreno

Peligro	Población	%	Manzanas	%
Muy Alto	0	0	0	0





Alto	76,097	100	2,035	100
Medio	0	0	0	0
Bajo	0	0	0	0
Muy Bajo	0	0	0	0

5.1.2.1.3. Ponderación del peligro

La ponderación del peligro por sismos se realizó con base en el Tabla V.5 en la que se muestra la aceleración pico del terreno y su correspondencia con la magnitud del sismo en la escala Richter y Mercalli.

Tabla V.5. Niveles de peligro de acuerdo a la aceleración pico del terreno.

Sismos	Richter	Mercalli	Aceleración	Valor asignado	Nivel de peligro
2.5 o menos	1 a 2.9	I	<0.0017	0.5	Muy bajo
2.5 a 5.4	3 a 3.9	II y III	0.0017 a 0.014	0.7	
5.5 a 6.0	4 a 4.9	IV a V	0.014 a 0.092	1.5	Bajo
6.1 a 6.9	5 a 5.9	VI a VII	0.092 a 0.34	1.7	Medio
7.0 a 7.9	6 a 6.9	VII a IX	0.34 a 1.24	1.9	Alto
8 y mayores	7.0 y mayores	Mayores a IX	>1.24	2	Muy Alto





5.1.2.1.4. Peligro por sismos



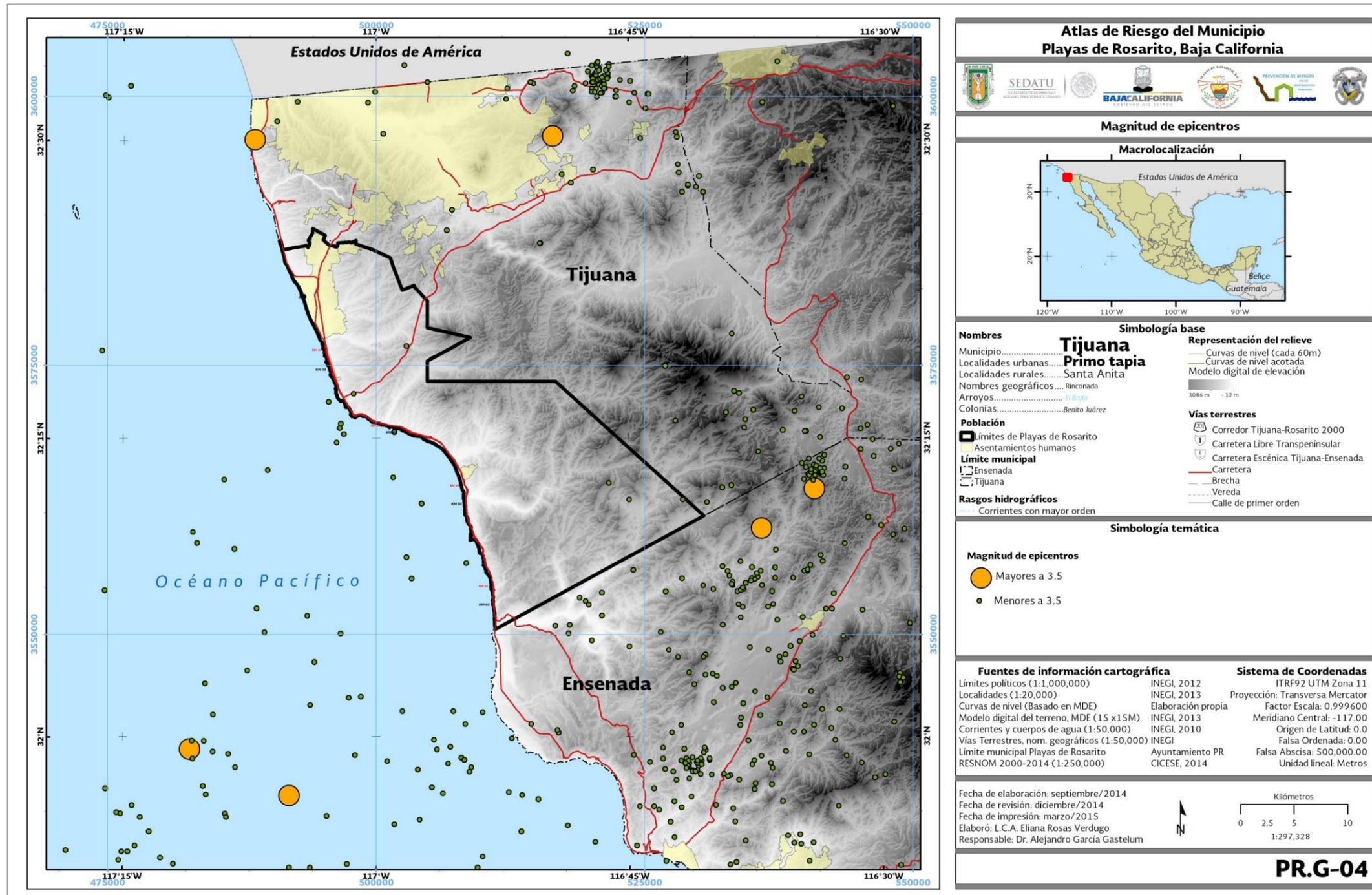


Figura V.4. Mapa de la magnitud de epicentros en el Municipio de Playas de Rosarito y sus alrededores.



Durante el periodo comprendido entre 1900 y 2000 sucedieron 71 temblores en México y sus alrededores inmediatos con magnitud mayor o igual a 7; 55 de esos temblores (77%) tuvieron una profundidad menor de 40 km, es decir, se presentaron muy cerca de la superficie terrestre. Una manera de medir la intensidad de un sismo es a través de valores de aceleración del terreno por medio de acelerógrafos.

La presencia histórica del fenómeno, es documentada en distintos sitio de internet, tanto internacionales (United State Geological Survey, 2015), como nacionales (Red Sísmica del Noroeste de México, 2015), estos sitios tienen registros que indican que en el municipio de Playas de Rosarito, no se han presentado temblores mayores de 5.4. Por otro lado, en la región, se han registrado alrededor de 110 sismos de magnitud 2.7 y 4.6 entre los años 1973 y 2014 de acuerdo a la USGS, el cual es perceptible y cuando llega a causar daños estos son menores.

Epicentros

El departamento de Geología de Estados Unidos (USGS), elaboró una tabla que describe la magnitud, efectos de los sismos y número estimado por año de acuerdo a la escala de Richter la cual se muestra a continuación (Tabla V.6).

Tabla V.6. Magnitud, descripción y efectos de los sismos (USGS).

Fuente: UPSeis

Magnitud	Descripción	Efectos	Número estimado por año
2.5 o menor	Micro	Usualmente no es sentido	900,000
2.5 a 5.4	Ligero	Sentido a menudo, solo causa danos menores	30,000
5.5 a 6.0	Moderado	Danos Ligeros a edificios y estructuras	500
6.1 a 6.9	Fuerte	Puede causar grandes danos en áreas muy pobladas	100
7.0 a 7.9	Mayor	Terremoto mayor, danos muy serios	20
8.0 o mayor	Gran	Gran terremoto. Puede destruir totalmente las comunidades cercanas al epicentro.	1 cada 5 a 10 años



Para el municipio y de acuerdo a la base de datos proporcionada por el Departamento de Sismología del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), se tienen registrados un total 455 sismos en un radio de 60 km del municipio de Rosarito, con magnitudes que oscilan de 0.6 a 4.6 en escala de Richter (microsismos y sismos ligeros). Dentro de los límites municipales hay registrados cinco sismos entre las magnitudes Richter de 1.7 y 2.2, los cuales son considerados como microsismos, sucedieron de manera imperceptible y no causaron ningún daño.

Los datos registran a una distancia de 5 km de los límites municipales un total de 25 sismos entre las magnitudes Richter 0.7 y 2.9 de los cuales 20 son microsismos y 5 ligeros, que se localizaron en la zona marina y en la parte sur del municipio. En un distancia entre 5 y 10 km, se registraron 51 sismos de los cuales 45 fueron microsismos y seis menores con una magnitud máxima de 3.9, localizados en el norte y sureste del municipio. En una distancia entre 10 y 15 km, se registraron un total de 93 sismos, de los cuales 81 fueron microsismos y el resto tuvieron una magnitud máxima de 4.9, localizados en la región sur del municipio tanto en la parte marina como en la zona más elevada. Entre los 15 y 20 km, se registraron 90 sismos, de los cuales 83 fueron microsismos y el resto sismos ligeros con una magnitud máxima de 3.9. En la distancia comprendida entre los 20 y 30 km de los límites del municipio de Playas de Rosarito, se presentaron un total de 162 sismos, de los cuales siete fueron sismos ligeros y el resto microsismos. Finalmente entre las distancias de 30 y 60 km, se registraron 29 sismos, 22 microsismos y siete ligeros (Figura V.4).



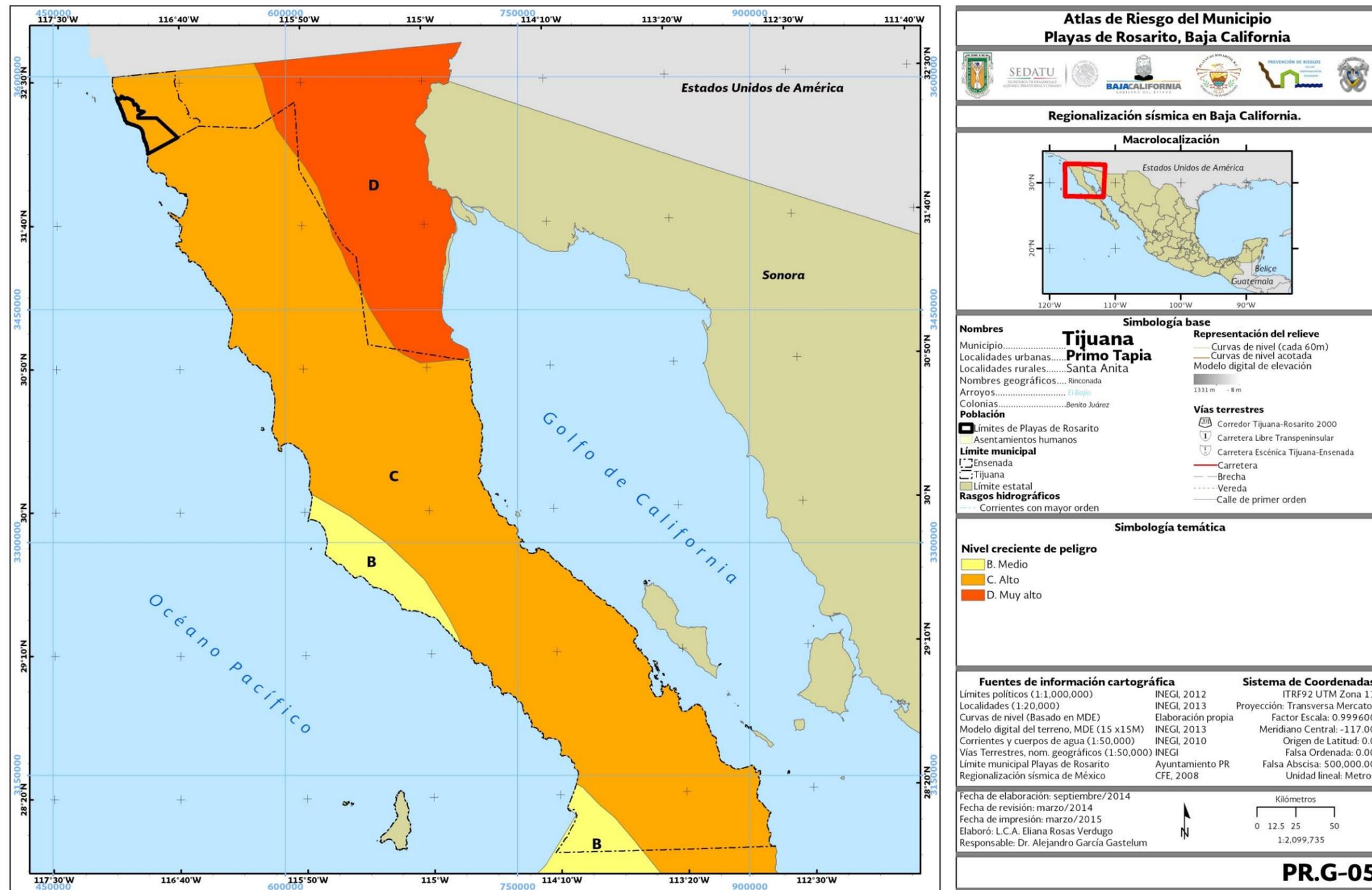


Figura V.5. Regionalización sísmica en la península de Baja California.



México se encuentra dividido en cuatro zonas sísmicas (A, B, C y D), que son el reflejo de la frecuencia de los sismos en las diferentes regiones, y la máxima aceleración del suelo a esperar durante un siglo. Las características de las zonas son las siguientes (SSN, 2014):

- Zona A: es considerada como una zona de baja sismicidad puesto que no se reportan sismos en los últimos 80 años y no se esperan aceleraciones del suelo mayores a un 10% de la aceleración de la gravedad a causa de temblores.
- Zonas B y C: zonas en que los sismos no son frecuentes y las aceleraciones no sobrepasan el 70% de la aceleración de la gravedad.
- Zona D: es una zona donde se reportan grandes sismos históricos, la ocurrencia es frecuente y la aceleración del suelo puede llegar a sobrepasar el 70% de la aceleración de la gravedad.

El estado de Baja California está ubicado en las regiones B, C y D, mientras que el municipio Playas de Rosarito se encuentra en la región C (Figura V.5), lo que significa que se encuentra en una zona de alta intensidad sísmica, aunque la aceleración del suelo no llega a alcanzar el 70% de la aceleración de la gravedad.

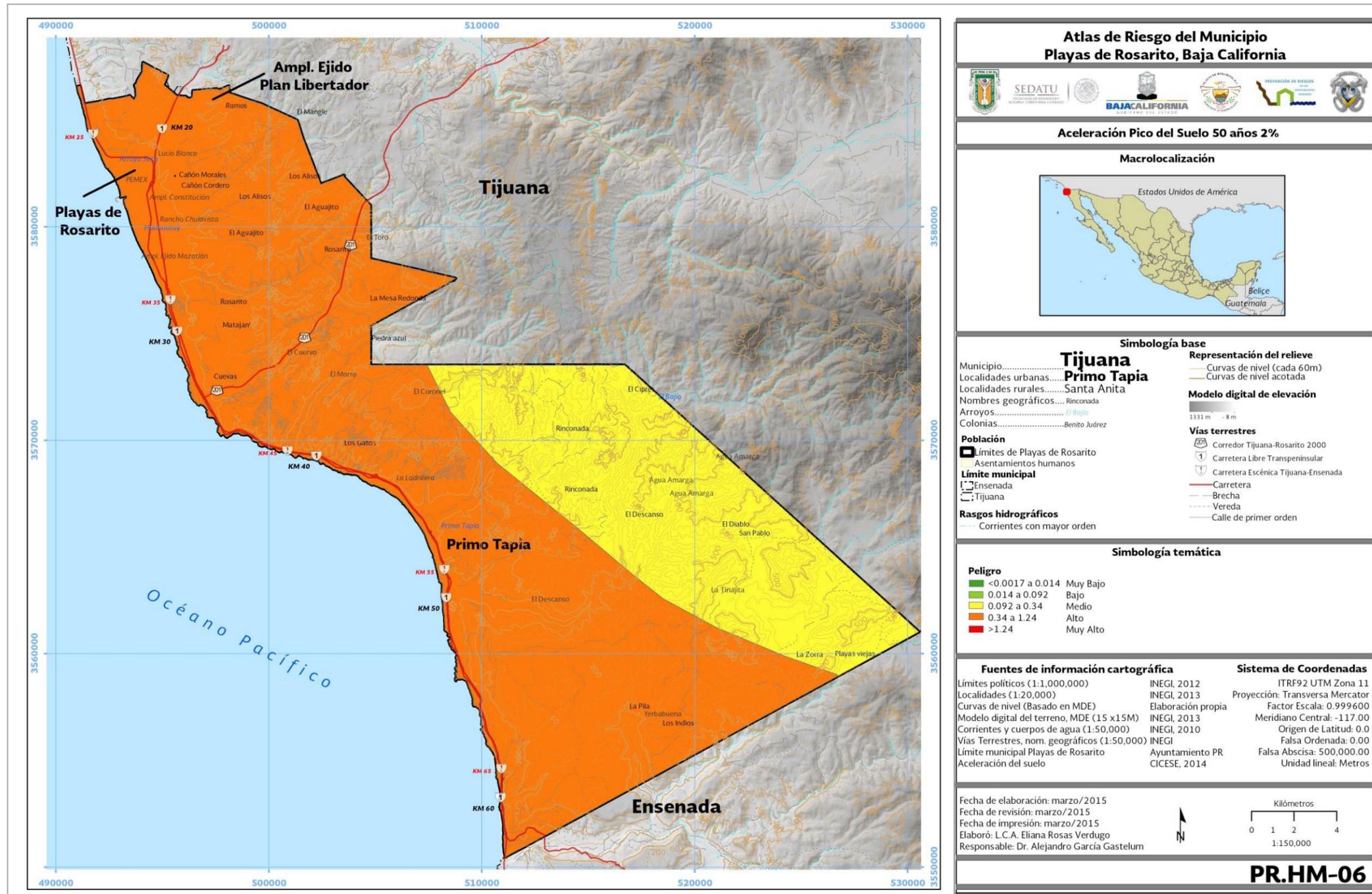


Figura V.6. Aceleración pico del suelo para un periodo de retorno de 50 años y una probabilidad de excedencia del 2%.



Aceleración del suelo

El estudio de CICESE-SEDESOL (2009), establece que está documentado que edificaciones de materiales tradicionales (ladrillo, concreto, bloque, entre otros), tienen periodos cortos de vibración 0.1 segundos por nivel, por lo que edificaciones entre uno y ocho niveles con valores entre 0.1 y 0.8 pueden presentar el efecto de resonancia suelo-estructura. El mapa resultante muestra la relación entre el periodo y la amenaza en función de la aceleración del terreno, donde el peligro aumenta conforme aumenta el periodo dominante.

Es importante señalar que este trabajo servirá como análisis preliminar debido al escaso número de mediciones, por lo que se deberá de tomar con precaución y se recomienda realiza un estudio con un mayor número de muestreos. Además de que como señala (Hidalgo, 2011), en las estaciones de registro de aceleración no siempre son suficientemente conocidas las condiciones geológicas del sitio, un factor importante para valorar los registros obtenidos. Esto es así en buena parte porque este tipo de estaciones se instalan preferentemente en zonas urbanas y se carece en muchos casos de información geotécnica puntual. Aunque se sepa de una forma aproximada cual es el afloramiento geológico y las características de los perfiles existentes, en muchos casos no se dispone de otro tipo de información, por ejemplo procedente de sondeos o de medidas de ruido ambiental. Generalmente se dispone de este tipo de medidas en estaciones sísmicas de banda ancha situadas fuera de los núcleos urbanos, ya que las estaciones de las zonas pobladas son difíciles de aislar de ruidos externos (para una correcta toma de datos). Debido a esta circunstancia no se suelen hacer estas mediciones, limitando el conocimiento de la clase de suelo sobre la que se encuentra la estación de registro.

Los resultados encontrados fueron que los periodos dominantes varían entre 0.1 y 0.8 segundos, se encontró que los valores más bajos (0.1 y 0.16) se localizan directamente sobre la formación geológica denominada Formación Rosarito y el resto con valores entre 0.2 a 0.8 segundos, se ubican sobre depósitos sedimentarios de diferentes materiales, edades y espesores. El sitio que presentó el periodo dominante más largo de 0.8 s, se localiza a un costado del arroyo Seco y en sus alrededores con valores entre 0.6 y 0.7, las zonas de alto peligro, en ellas se encuentran las colonias Independencia, Ampliación Reforma y el nuevo centro de convenciones (Figura V.6).

5.1.2.2. Índice de exposición física ante sismos

Los desastres naturales realmente son resultado de la existencia de algún peligro y la presencia de población que al conjuntarse provocan diferentes grados de vulnerabilidad, es así que los desastres son desencadenados por las condiciones de vulnerabilidad y exposición de la población a través de su infraestructura, sus bienes, pobreza, marginación, factores socioeconómicos entre otros (CENAPRED, 20014).

La Exposición o Grado de Exposición se refiere a las personas, bienes y sistemas que son factibles de ser dañados. En ocasiones pueden emplearse valores como porcentajes de determinados tipos de construcción o inclusive el número de personas que son susceptibles a verse afectadas (CENAPRED, 2006). El daño en construcciones puede ser causado por fenómenos naturales, o también por la acción humana al darle un uso inadecuado, poner peso excesivo para el cual no estaban diseñadas, por falta de mantenimiento o por construir de manera incorrecta y sin asesoramiento técnico. Entre los fenómenos naturales de origen geológico que pueden afectar a una construcción destacan los sismos, vulcanismo, deslizamientos de tierras y hundimientos, mientras que dentro de los fenómenos hidrometeorológicos podemos encontrar huracanes, lluvias torrenciales, desborde de ríos, e inundaciones (CENAPRED, 2014).

El índice de exposición física, se compone de tres subíndices con indicadores relacionados a la tipología de las viviendas (el material del techo de las edificaciones, el tipo de piso y niveles de las edificaciones), los bienes que tiene la población dentro de ellas conocido como menaje (radio, televisor, computadora, entre otros) y equipamiento urbano (bomberos, instituciones de salud, policía por mencionar algunos).



Al igual que el índice de vulnerabilidad social, los resultados que se muestran gráficamente en las manzanas rurales representan datos a nivel localidad por lo que el análisis es de menor escala, pero se utilizaron para representa la exposición en manzanas rurales ya que los datos de los resultados del censo del INEGI no se obtuvieron a nivel manzana rural.

5.1.2.2.1. Metodología y memoria de cálculo para la determinación de la exposición física ante sismos

Para evaluar la exposición física se propuso la metodología que se describe a continuación, en la cual fueron sumados los resultados de cada indicador que componen este índice, como se muestra en la siguiente fórmula, para finalmente ser normalizados con valores de 0 a 1.

$$IEF = TC + Eq + Me$$

Dónde:

IEF= Índice de exposición física

TC= Subíndice tipo de construcción

Eq= Subíndice equipamiento

Me= Subíndice menaje

5.1.2.2.1.1. Subíndice tipo de construcción (TC)

Para evaluar la exposición de una vivienda es importante tomar en consideración los diferentes materiales con que fue construida, así como los niveles que presenta, es así que la metodología empleada es de tipo cualitativa. Las variables que componen el subíndice de construcción son los siguientes:

- Materiales predominantes en el techo
- Materiales predominantes en el piso
- Niveles en las edificaciones

Estos tres indicadores fueron sumados para obtener el valor final para el presente subíndice.

5.1.2.2.1.1.1. Porcentaje de materiales predominantes en el techo de edificaciones (%Te)

Los datos empleados para conocer el material de los techos así como los niveles de cada edificación corresponden a información generada por la empresa SICSA, S.A. (2013), la cual se obtuvo mediante un análisis de fotointerpretación en donde por restitución se identificaron los principales tipos de materiales en los techos de las construcciones dentro de las manzanas del municipio, obteniendo los siguientes tipos:



1. Concreto
2. Lamina
3. Tejas
4. En construcción

Se determinó que la exposición por manzana en función del material predominante en el techo, depende de las características de resistencia de la construcción, por lo que para el caso de deslizamientos se asignaron los valores concentrados en la Tabla V.7.

Tabla V.7. Valores asignados según el porcentaje de materiales predominantes en el techo.

Tipo de material predominante en techo (%Te)	Condición de exposición	Valor
En construcción	Muy baja	0.00
Cemento	Baja	0.25
Tejas	Media	0.50
Madera	Alta	0.75
Lamina	Muy alta	1

5.1.2.2.1.1.2. Porcentaje de viviendas con piso de tierra (%Piso)

El porcentaje de viviendas con piso de tierra se obtiene dividiendo el total de viviendas particulares habitadas con piso de tierra entre la sumatoria del total de viviendas particulares habitadas con piso de cemento o firme, madera, mosaico u otro material y el total de viviendas particulares habitadas con piso de tierra, todo esto es multiplicado por 100. La información que se empleó para determinar este porcentaje se extrajo del último censo de población y vivienda del INEGI.

Fórmula:

$$\%Piso = \frac{VPH_PISOTI}{(VPH_PISODT + VPH_PISOTI)} \times 100$$

Dónde:

%Piso= Porcentaje de viviendas con piso de tierra

VPH_PISOTI= Total viviendas particulares habitadas con piso de tierra

VPH_PISODT= Total de viviendas particulares habitadas con piso de cemento o firme, madera, mosaico u otro material

Una vez obtenido el porcentaje de viviendas con piso de tierra se establecieron rangos en función de la cantidad de viviendas que presentan piso de tierra, a fin de establecer las condiciones de exposición por manzana y asignarle un valor, como se aprecia en la siguiente tabla:

Tabla V.8. Valores asignados según el porcentaje de viviendas con piso de tierra.

	Porcentaje de viviendas habitadas con piso de tierra (%Piso)	Condición de exposición	Valor
Rangos	De 1.52 a 20.82	Muy baja	0.00
	De 20.83 a 40.12	Baja	0.25
	De 40.13 a 59.42	Media	0.50
	De 59.43 a 78.72	Alta	0.75
	Más de 78.73	Muy alta	1

5.1.2.2.1.1.3. Niveles en edificaciones (Ni)

En este indicador se realizó una unión espacial por medio del software ArcMap para obtener datos de cada edificación por manzana. En el caso de los fenómenos de sismos e inestabilidad de laderas, las edificaciones de un solo piso representan una exposición media con un valor de 0.5, las construcciones con dos o tres pisos fueron consideradas con mayor exposición que las anteriores por lo que se encuentran en nivel alto con 0.75 y finalmente las de más de tres nivel corresponden a exposición muy alta. El nivel bajo no fue considerado en la metodología puesto que esta categoría estaría conformada por zonas en las que no existe una edificación, por ejemplo sitios como parques, campos deportivos, entre otros. Los valores de este indicador variarán dependiendo del fenómeno a analizar, en la siguiente tabla se muestran los valores asignados que se usan en la sumatoria final.

Tabla V.9. Valores asignados según el número de niveles.

No. de pisos	Condición de exposición	Valor
1	Media	0.5
2-3	Alta	0.75
>3	Muy alta	1

Como se indicó anteriormente la información sobre los niveles por edificación se obtuvo a partir de información generada por la empresa SICSA, S.A. (2013).

5.1.2.2.1.2. Subíndice de equipamiento (Eq)

En el estudio de Carmona (2013), la clasificación y ponderación de usos de suelo se efectuó conforme a su importancia socioeconómica (Tabla V.10). De acuerdo con los resultados de encuestas efectuadas a investigadores en el área, el uso de mayor importancia fue el de servicios públicos y autoridades.

En este análisis se asignaron valores a cada tipo de equipamiento según su importancia relativa en función de los servicios públicos que prestan, misma que se describe a continuación:



Edificios de salud y servicios públicos: los edificios de salud tienen el valor más alto, debido a que brindan atención médica a la población y el daño en este tipo de edificaciones implicaría mayor tiempo para dar respuesta en caso de alguna contingencia o atención a los afectados. En el caso de los servicios de policía y bomberos estos forman parte del equipamiento que dará auxilio durante cualquier eventualidad causada por algún fenómeno perturbador, por lo que si sufrieran algún daño la respuesta en una emergencia sería más lenta.

Asistencia social y educación: dentro del equipamiento de asistencia social, la mayoría puede ser utilizado como refugio al desaparecer o dañar su infraestructura, disminuyen los espacios que pudieran en un momento dado funcionar como centros de refugio para las personas en caso de que algún fenómeno se presente. Por otro lado la ponderación asignada a los edificios educativos se debe a que estas edificaciones proveen un servicio a la sociedad y también pueden usarse como refugios.

Administración pública y comunicación: si bien los edificios como el palacio municipal y gobierno del estado proveen servicios a la población pero no podrían utilizarse como refugios, su importancia relativa se determinó con base al costo que implicaría su destrucción. Por otro lado el equipamiento de comunicación, es parte fundamental en lo que respecta a la comunicación con la población ya que permite mantenerla informada en todo momento en caso de desastre.

Edificios culturales, unidades deportivas y edificios e infraestructura de recreación: la importancia relativa de estos elementos no son determinantes en el caso de que se presente algún fenómeno al mismo nivel que los servicios de auxilio como los antes mencionados, por lo que su importancia relativa se debe al costo de la remodelación o reconstrucción en caso de daño.

Predios de donación municipal: este tipo de equipamiento se evaluó con la ponderación más baja, su puntuación se debe a las características de estos ya que son de carácter público, sin embargo, su puntuación es baja debido a que no representan grandes costos si llegaran a presentar daños.

Tabla V.10. Valores asignados al equipamiento.

Tipo de equipamiento	Valor
Edificios de salud	1
Servicios públicos (bomberos y policías)	1
Asistencia social	0.75
Educación	0.75
Administración pública	0.5
Edificios de comunicación	0.5



Edificios de cultura	0.25
Unidades y canchas deportivas	0.25
Edificios e infraestructura de recreación	0.25
Predios de donación municipal	0.1

Al igual que en el apartado de niveles de las edificaciones, se realizó una unión espacial con el equipamiento presente en el municipio de Playas de Rosarito, por lo que se obtuvo el tipo de equipamiento presente en cada manzana. Posteriormente se sumaron según la categoría a la que pertenecen para conocer cuántos edificios deportivos existen en esa manzana, cuántos de administración y así para cada tipo de equipamiento; cada uno de los valores obtenidos fueron multiplicados por su respectiva ponderación mostrada en la Tabla V.10 para finalmente efectuar la sumatoria de todos los tipos de equipamiento presente.

Fórmula:

$$Eq = \sum TEq \times Pond$$

Dónde:

Eq= Equipamiento por manzana

TEq= Tipo de equipamiento

Pond= Valor del ponderador según el tipo de equipamiento

Después de obtener el tipo de equipamiento por manzana se efectuó una normalización y por medio de cuartiles se establecieron los siguientes rangos para identificar las condiciones de exposición y otorgarle un valor, como se aprecia en la Tabla V.11.

Tabla V.11. Valores asignados según el tipo de equipamiento por manzana.

	Tipo de equipamiento por manzana (Eq)	Condición de exposición	Valor
Rangos	Menor a 0.037	Muy baja	0.00
	De 0.38 a 0.15	Baja	0.25
	De 0.16 a 0.26	Media	0.50
	De 0.27 a 0.59	Alta	0.75
	Más de 0.60	Muy alta	1



5.1.2.2.1.3. Subíndice de menaje (Me)

Para evaluar el menaje dentro de la exposición física, se utilizaron datos del censo de población del INEGI, en este análisis el menaje está compuesto por los siguientes atributos.

- Viviendas particulares habitadas que disponen de radio
- Viviendas particulares habitadas que disponen de televisor
- Viviendas particulares habitadas que disponen de refrigerador
- Viviendas particulares habitadas que disponen de lavadora
- Viviendas particulares habitadas que disponen de automóvil o camioneta
- Viviendas particulares habitadas que disponen de computadora

La ponderación del tipo de menaje al interior de las viviendas se realizó de acuerdo a si es un bien de primera necesidad en el hogar, siendo el de mayor puntuación el más requerido para cubrir las necesidades básicas, también se consideraron de gran importancia los equipos que pueden servir como medio de comunicación en caso de ocurrir algún tipo de fenómeno (Tabla V.12).

Tabla V.12. Valores asignado según el menaje.

Menaje	Valor
Radio	0.75
TV	0.75
Refrigerador	1
Lavadora	0.25
Auto	0.5
PC	0.75

El valor relativo para este subíndice se calcula sumando el producto del número de viviendas que disponen de cada tipo de menaje y su respectiva ponderación.

Fórmula:

$$Me = \sum TMe(Pond)$$

Dónde:

Me= Subíndice de menaje

TMe= Tipo de menaje

Pond= Valor del ponderador según el tipo de menaje

En la Tabla V.13 se indican los valores asignados de acuerdo a la condición de exposición respecto al tipo de menaje para cada manzana.

Tabla V.13. Valores asignados según el tipo de menaje por manzana.

	Tipo de menaje por manzana (Me)	Condición de exposición	Valor
Rangos	Menor a 0.04	Muy baja	0.00
	De 0.05 a 0.06	Baja	0.25
	De 0.07 a 0.09	Media	0.50
	De 0.10 a 0.16	Alta	0.75
	Más de 0.17	Muy alta	1

5.1.2.2.2. Resultados del análisis

En el análisis de la población realizado para exposición física en el caso de presentarse fenómenos como sismos, deslizamientos, flujos, caídos y derrumbes, se tiene que el mayor porcentaje, es decir 52.14% (39,680 habitantes), presenta una exposición a este tipo de fenómenos media. En segundo lugar se encuentra la población en la categoría por exposición baja, con 19,113 habitantes que representan el 25.12%. En las categorías muy baja y alta, la población que se encuentra en cada una de estas categorías prácticamente es la misma, es decir 8,124 (10.68%) y 7,093 (10.39%) habitantes respectivamente. La categoría con el menor porcentaje es la de exposición muy alta con 1,277 habitantes (1.68%) esta información está contenida en la Tabla V.14.

Tabla V.14. Población en el municipio de Playas de Rosarito en zonas en alguna categoría de exposición física.

Exposición	Población	%	Manzanas	%
Muy alta	1,277	1.68	6	0.29
Alta	7,903	10.39	46	2.26
Media	39,680	52.14	627	30.81
Baja	19,113	25.12	755	37.10
Muy baja	8,124	10.68	601	29.53
Total	76,097	100.00	2,035	100.00

5.1.2.2.3. Ponderación de la exposición física

A partir de los valores normalizados se establecieron rangos para determinar la condición de exposición física como se puede observar en la Tabla V.15.

Tabla V.15. Rangos de exposición física.

Rangos de exposición física	Condición de exposición
De 0 a 0.20	Muy baja
De 0.21 a 0.40	Baja
De 0.41 a 0.60	Media
De 0.61 a 0.80	Alta
Más de 0.81	Muy alta



5.1.2.2.4. Exposición física ante sismos



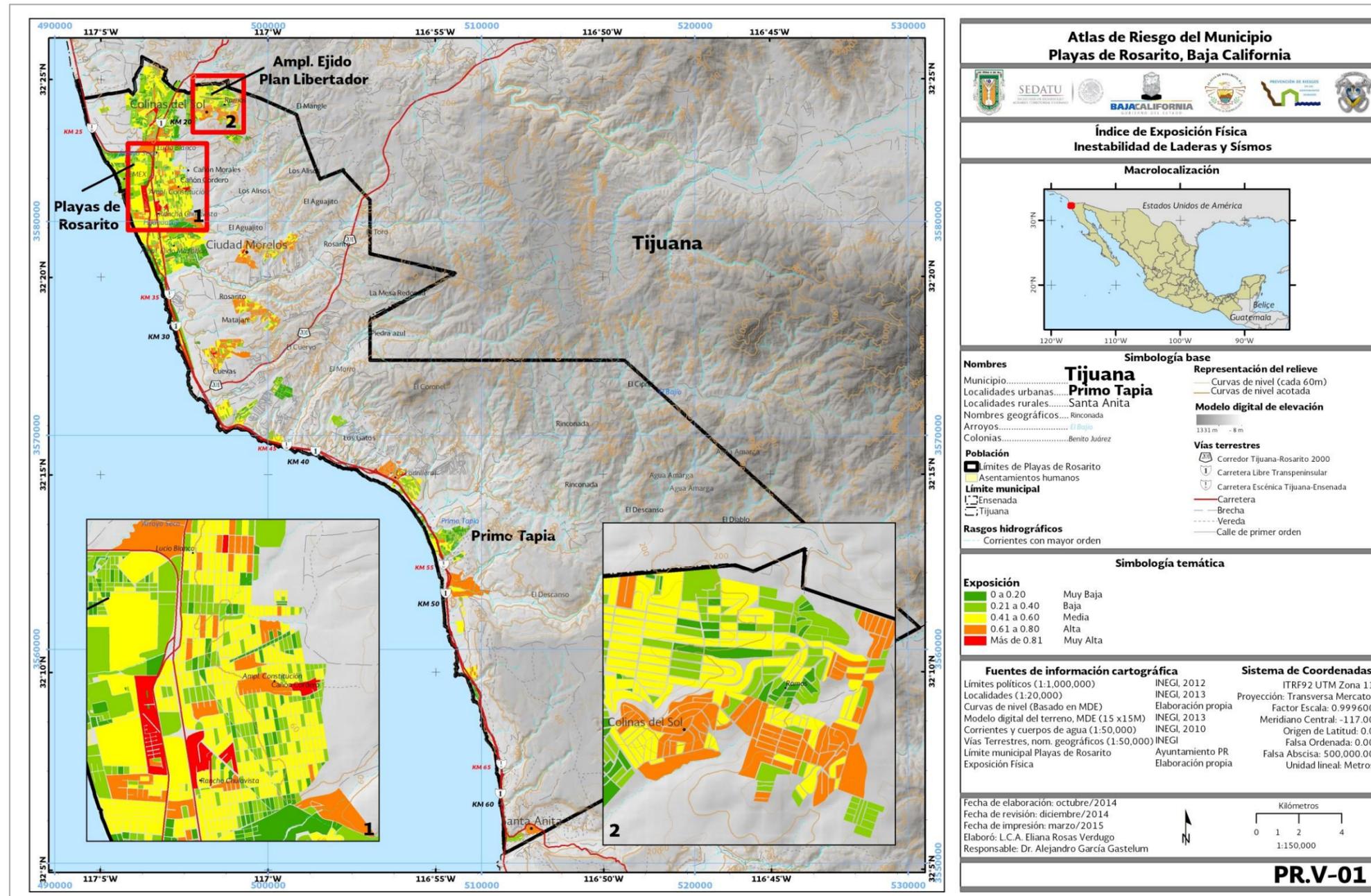


Figura V.7. Índice de exposición física por manzana ante eventos de sismos e inestabilidad de ladera.

El análisis de los diferentes elementos que componen la exposición física se puede visualizar en la Figura V.7. En el mapa se diferencian varias áreas que comparten ciertos elementos que hacen que se presente el mismo grado de exposición en determinadas zonas, demarcándose así varias áreas dentro del municipio con un determinado grado de exposición. En primer lugar y de manera general se tiene que la exposición física que



prevalece se encuentra en un nivel medio, sin embargo destacan algunas zonas con nivel alto ubicadas al norte del municipio en Ampliación Ejido Plan Libertador en Colinas del Sol y Cumbres de Rosarito, en la localidad urbana Playas de Rosarito la colonia Veracruz, Lucio Blanco, Ampliación Constitución, Los Ángeles, Machado, Villas Siboney. En las colonias ubicadas entre el arroyo El Aguajito y la cañada El Cuervo al norte de Playas de Rosarito se localizan algunas manzanas más con un nivel alto, de igual manera al sur de la localidad urbana Primo Tapia, se presentan zonas de gran extensión la primera en las localidades La Ladrillera y Vista Marina, la siguiente en los márgenes del arroyo El Descanso en la colonia Villas Campestre, El Descanso y una tercera en el poblado de Santa Anita en los límites del municipio de Playas de Rosarito y Ensenada. La exposición alta en estos sitios puede estar asociada a que las viviendas no cuentan con las condiciones adecuadas que le permitan soportar un evento geológico llámese sismos o inestabilidad de laderas, entre otros, por ejemplo los materiales de construcción son poco resistentes, las viviendas presentan piso de tierra, y existen áreas de uso público que pueden verse fuertemente afectadas.

Las manzanas con exposición muy alta son pocas, se ubican en la colonia Misión del Mar y ciudad Morelos en esas manzanas las condiciones de las viviendas como los materiales de construcción, el piso de tierra y las viviendas con varios artículos en el menaje determinaron que exista muy alta exposición física. El resto se sitúa en la porción urbana al norte del municipio en la colonia Rosamar, Chulavista y Hacienda Floresta, otras más en el extremo sur del municipio en la localidad La Ladrillera.

La mayor parte de las viviendas localizadas en las colonias Ramos, Colinas de Mazatlán, la zona del Parque Industrial, Coral de Rosarito, Reforma, Eduardo Crosthwaite, Colinas de Rosarito, Lomas de Coronado, Rosarito Shores, Costa de Oro, zona centro, Hacienda del Sol; Fundadores y Lomas de León en la localidad urbana de Primo Tapia y al sur de ésta en Puerta del Mar, tienen una exposición muy baja. En lo referente a los sitios con valores de exposición bajos al norte del municipio destacan Rancho del Mar, Real de Rosarito, la zona de PEMEX y Playa El Bebé, Miramar, Rinconada de Rosarito; hacia la parte centro Lomas Campestrés María Isabel y Rancho 40; al sur, en Puerto Nuevo, Primo Tapia parte alta y en la colonia Santa Anita, cerca de Río La Misión. En general, en las viviendas ubicadas en estas colonias lo que prevalece respecto a las características de la vivienda es que son construcciones de cemento, el número de niveles en las edificaciones son por lo general de uno o dos pisos, la pérdida de los enseres con que cuentan las viviendas sería considerable si se llega a presentar un evento de sismos o movimiento de masas, características que hacen que el valor de exposición disminuya.

5.1.2.3. Índice de vulnerabilidad social ante sismos

El índice de vulnerabilidad social, se compone de cinco subíndices socioeconómicos que exponen las condiciones de bienestar y de desarrollo de la sociedad. Es importante considerar la vulnerabilidad social, debido a que refleja la predisposición del sistema a sufrir daño, en función directa de sus condiciones y capacidad de desarrollo (CENAPRED, 2006).

La mayoría de las condiciones de vulnerabilidad de una población dependen directamente del nivel de desarrollo de la misma. El acceso a los bienes y servicios básicos, oportunidades de acceder a la educación, oportunidades de recibir asistencia médica, entre otros, son elementos constitutivos del desarrollo, además son elementos fundamentales del desarrollo de los individuos (CENAPRED, 2006).



El cálculo de este índice se determinó con apoyo de la Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos en el apartado evaluación de la vulnerabilidad física y social del Centro Nacional de Prevención de Desastres (2006), sin embargo se realizaron adecuaciones en las formulas y en los indicadores para representar con mayor certeza la realidad social de la población debido a que el nivel de análisis de este índice es por manzana.

Los resultados representados para las manzanas rurales se realizaron con datos por localidad rural, por lo que el nivel de análisis tiene otro detalle respecto a las manzanas urbanas, esto debido a que no se cuenta con los resultados principales por manzana rural del censo de INEGI, siendo así que se efectuó una interpolación de los resultados a nivel localidad rural.

5.1.2.3.1. Metodología y memoria de cálculo para la determinación de la vulnerabilidad social ante sismos

Para obtener el valor de cada subíndice se sumaron los indicadores. Al obtener el resultado de cada subíndice se normalizaron con valores de 0 a 1, el número final para la medición de la vulnerabilidad social se obtiene con la siguiente fórmula:

$$IVS = SS + SE + 1.5(SV) + SEMP + 2(SP)$$

Dónde:

IVS= Índice de vulnerabilidad social

SS= Subíndice de salud

SE= Subíndice de educación

SV= Subíndice de vivienda

SEMP= Subíndice de empleo

SP= Subíndice de población

Se determinó darle mayor peso al subíndice de la población y de vivienda debido a que representan características de la población que directamente influyen en la vulnerabilidad de las personas.

5.1.2.3.1.1. Subíndice de salud (SS)

La insuficiencia de servicios de salud refleja directamente parte de la vulnerabilidad de la población, dentro de este subíndice se incluye la población que no recibe servicio médico por parte de alguna institución pública o privada como el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), el Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE e ISSSTE estatal), Petróleos Mexicanos (PEMEX), la Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA), la Secretaría de Marina Armada de México (SEMAR), el Sistema de Protección Social en Salud o en otra (INEGI, 2010).

5.1.2.3.1.1.1. Porcentaje de la población no derechohabiente (%PND)



Este indicador muestra el porcentaje de la población no derechohabiente, la cual es la que menos acceso tiene a servicios de salud y en consecuencia es la que en menor medida acude a las instituciones de salud, esta situación incide directamente en la vulnerabilidad de la población (CENAPRED, 2006).

El porcentaje de la población no derechohabiente se obtiene dividiendo el total de la población no derechohabiente entre el total de la población, el resultado es multiplicado por cien.

Fórmula:

$$\%PND = \frac{PND}{PT} \times 100$$

Dónde:

%PND= Porcentaje de la población no derechohabiente.

PND= Población no derechohabiente.

PT= Población total.

Posteriormente se realizó una ponderación de acuerdo a las condiciones de vulnerabilidad referente a la población no derechohabiente, como se aprecia en la siguiente tabla:

Tabla V.16. Valores asignados según el porcentaje de la población no derechohabiente.

	Porcentaje de la población no derechohabiente (%PND)	Condición de vulnerabilidad	Valor
Rangos	De 17.63 a 34.10	Muy baja	0.00
	De 34.11 a 50.57	Baja	0.25
	De 50.58 a 67.04	Media	0.50
	De 67.05 a 83.51	Alta	0.75
	Más de 83.52	Muy alta	1

5.1.2.3.1.2. Subíndice de educación (SE)

Las características educativas influyen directamente en la adopción de actitudes, conductas preventivas y de autoprotección de la población, así mismo pueden mejorar sus conocimientos sobre fenómenos y riesgos. Es un derecho fundamental de todo individuo el tener acceso a la educación y es una herramienta que influirá en los niveles de bienestar del individuo, es por eso que para el cálculo del subíndice se consideraron indicadores que proporcionan un panorama general del nivel educativo (CENAPRED, 2006).

Este subíndice se compone por tres indicadores: Porcentaje de analfabetismo, Porcentaje de población de 6 a 14 años que asiste a la escuela y Grado promedio de escolaridad. Estos indicadores fueron sumados para obtener el valor final del subíndice de educación.

5.1.2.3.1.2.1. Porcentaje de analfabetismo (%A)



Este indicador muestra el retraso en el desarrollo educativo de la población, refleja la desigualdad en el sistema educativo y las limitaciones directas que involucra la carencia de habilidades para leer y escribir (CENAPRED, 2006). Estas limitaciones implican que en caso de presentarse un fenómeno perturbador la población será altamente vulnerable.

El porcentaje de analfabetismo se obtiene dividiendo la población analfabeta de 15 años y más, entre el total de la población de ese mismo rango de edad y el resultado se multiplica por 100.

Fórmula:

$$\%A = \frac{P15aA}{P15a} \times 100$$

Dónde:

%A= Porcentaje de analfabetismo

P15aA= Población de 15 años y más analfabeta

P15a= Población total de 15 años y más

Posteriormente se realizó una ponderación de acuerdo a las condiciones de vulnerabilidad referente a la población analfabeta, como se aprecia en la Tabla V.17.

Tabla V.17. Valores asignados según el porcentaje de la población de 15 años y más que no sabe leer ni escribir (%A).

	Porcentaje de la población de 15 años y más que no sabe leer ni escribir un recado (%A)	Condición de vulnerabilidad	Valor
Rangos	De 1.07 a 15.85	Muy baja	0.00
	De 15.86 a 30.63	Baja	0.25
	De 30.64 a 45.41	Media	0.50
	De 45.42 a 60.19	Alta	0.75
	Más de 60.20	Muy alta	1

5.1.2.3.1.2.2. Porcentaje de población de 6 a 14 años que asiste a la escuela (%DEB)



La población que se encuentra en edad para recibir los servicios de educación básica resulta fundamental para continuar con la capacitación posterior que proporcione las herramientas para acceder al mercado laboral, esta población se señala en este indicador (CENAPRED, 2006).

El porcentaje de población de 6 a 14 años que asiste a la escuela se estima dividiendo la matrícula de educación primaria y secundaria entre el total de la población de 6 a 14 años, que es el rango de edad de asistencia a tales niveles educativos. Ya que el indicador se expresa en porcentaje el resultado de la división fue multiplicado por cien.

Fórmula:

$$\%DEB = \frac{PT6_14aAE}{PT6_14a} \times 100$$

Dónde:

%DEB= Demanda de educación básica

PT6_14aAE= Población total de 6 a 14 años que asiste a la escuela

PT6_14a= Población total de 6 a 14 años

Posteriormente se realizó una ponderación de acuerdo a las condiciones de vulnerabilidad referente a la población que asiste a la escuela, como se aprecia en la Tabla V.18.

Tabla V.18. Valores asignados según el porcentaje de la población de 6 a 14 años que asiste a la escuela (%DEB)

	Porcentaje de la población de 6 a 14 años que asiste a la escuela (%DEB)	Condición de vulnerabilidad	Valor
Rangos	De 42.72 a 54.17	Muy alta	1
	De 54.18 a 65.62	Alta	0.75
	De 65.63 a 77.07	Media	0.50
	De 77.08 a 88.52	Baja	0.25
	Más de 88.53	Muy baja	0.00

5.1.2.3.1.2.3. Grado Promedio de Escolaridad (GPE)



El grado promedio de escolaridad refleja a la población que cuenta con menos de nueve años de educación formal, se considera a la población mayor de 15 años que no ha completado la educación secundaria como población con rezago educativo, debido a que la educación secundaria es obligatoria para la conclusión del nivel básico de educación (CENAPRED, 2006).

El valor de este indicador que fue utilizado en el cálculo del subíndice de educación se tomó directamente de la información proporcionada por el INEGI en los resultados por manzana del censo de población y vivienda 2010, sin embargo en este apartado se describe la manera en que se calcula. El GPE resulta al dividir la suma de los años aprobados desde el primero de primaria hasta el último año alcanzado de las personas de 15 años y más entre el total de la población de 15 años y más. Excluye a la población de 15 años y más con grados no especificados en algún nivel y a la población con nivel de escolaridad no especificado.

Fórmula:

$$GPE = \frac{SAAP15a}{PT15a}$$

Dónde:

GPE= Grado Promedio de Escolaridad

SAAP15a= Suma de años aprobados desde primero de primaria hasta el último año alcanzado de la población de 15 años y más

PT15a= Población total de 15 años y más

Posteriormente se realizó una ponderación de acuerdo a las condiciones de vulnerabilidad referente al nivel educativo, como se aprecia en la Tabla V.19.

Tabla V.19. Valores asignados según el nivel educativo de la población (GPE)

	Nivel educativo de la población (GPE)	Condición de vulnerabilidad	Valor
Rangos	De 1 a 3.2	Muy alta	1
	De 3.3 a 5.4	Alta	0.75
	De 5.5 a 7.6	Media	0.50
	De 7.7 a 9.8	Baja	0.25
	Más de 9.9	Muy baja	0.00

5.1.2.3.1.3. Subíndice de vivienda (SV)



La accesibilidad y las características de la vivienda determinan en gran medida la calidad de vida de la población. Los indicadores que conforman este subíndice son el porcentaje de viviendas sin servicio de agua entubada, el porcentaje de viviendas sin servicio de drenaje y el porcentaje de viviendas sin servicio de electricidad. Estos indicadores son una aproximación que refleja la cantidad de viviendas que no cuenta con los satisfactores de necesidad básica y de saneamiento de la población, lo cual incide en la comodidad y condiciones de salud de la población.

5.1.2.3.1.3.1. Porcentaje de viviendas sin servicio de agua entubada (%VNDAE)

El indicador requiere los valores del total de viviendas particulares habitadas que disponen de agua entubada y el total de viviendas particulares habitadas que no disponen de agua entubada, estos datos los proporciona el INEGI en los resultados por manzana del censo de población y vivienda 2010.

En caso de desastre natural la falta de agua entubada puede retrasar algunas labores de atención, debido a que toma tiempo llevar agua que cumpla con las mínimas medidas de salubridad al lugar; regularmente la obtención y el almacenamiento de agua en viviendas que no cuentan con agua entubada se lleva a cabo de manera insalubre (CENAPRED, 2006).

El cálculo de este indicador se obtuvo de la siguiente manera: el total de viviendas particulares habitadas que disponen de agua entubada se suma con el total de viviendas particulares habitadas que no disponen de agua entubada, con esta suma se obtiene el número total de viviendas por manzana con información sobre agua entubada como se muestra en la fórmula número uno. Para obtener las viviendas sin servicio de agua entubada, el total de viviendas particulares habitadas que no disponen de agua entubada se divide entre el total viviendas resultado de la suma antes mencionada finalmente el resultado es multiplicado por 100 como se muestra en la fórmula dos.

Fórmula uno:

$$TVPH_AG = VPH_AGUADV + VPH_AGUAFV$$

Dónde:

TVPH_AG= Total de viviendas particulares habitadas con información de agua entubada

VPH_AGUADV= Viviendas particulares habitadas que disponen de agua entubada

VPH_AGUAFV= Viviendas particulares habitadas que no disponen de agua entubada

Fórmula dos:

$$\%VNDAE = \frac{VPH_AGUAFV}{TVPH_AG} \times 100$$

Dónde:

%VNDAE= Porcentaje de viviendas que no disponen de agua entubada

VPH_AGUAFV= Viviendas particulares habitadas que no disponen de agua entubada

TVPH_AG= Total de viviendas particulares habitadas con información de agua entubada

Posteriormente se realizó una ponderación de acuerdo a las condiciones de vulnerabilidad referente a las viviendas que no disponen de agua entubada, como se aprecia en la siguiente tabla:



Tabla V.20. Valores asignados según el porcentaje de viviendas que no disponen de agua entubada (%VNDAE).

	Porcentaje de viviendas que no disponen de agua entubada (%VNDAE)	Condición de vulnerabilidad	Valor
Rangos	De 0 a 19.96	Muy baja	0.00
	De 19.97 a 39.92	Baja	0.25
	De 39.93 a 59.88	Media	0.50
	De 59.89 a 79.84	Alta	0.75
	Más de 79.85	Muy alta	1

5.1.2.3.1.3.2. Porcentaje de viviendas sin servicio de drenaje (%VND)

Las enfermedades gastrointestinales aumentan considerablemente en situaciones de desastre y si a ello le sumamos la falta de drenaje en la vivienda esto puede acrecentar la vulnerabilidad de la población frente a enfermedades de este tipo (CENAPRED, 2006).

El indicador requiere los valores del total de viviendas particulares habitadas que disponen de drenaje y el total de viviendas particulares habitadas que no disponen de drenaje, estos datos los proporciona el INEGI en los principales resultados por manzana del censo de población y vivienda 2010.

El cálculo de este indicador se obtuvo de la siguiente manera: el total de viviendas particulares habitadas que disponen de drenaje se suma al total de viviendas particulares habitadas que no disponen de drenaje como se indica en la fórmula uno, este resultado es el número total de viviendas por manzana con información de drenaje. El total de viviendas particulares habitadas que no disponen de drenaje se divide entre el total viviendas con información de drenaje y esto se multiplica por 100, ver fórmula dos.

Fórmula uno:

$$TVPH_D = VPH_DRENAJ + VPH_NODRE$$

Dónde:

TVPH_D= Total de viviendas particulares habitadas con información de drenaje

VPH_DRENAJ= Viviendas particulares habitadas que disponen de drenaje

VPH_NODRE= Viviendas particulares habitadas que no disponen de drenaje

Fórmula dos:

$$\%VND = \frac{VPH_NODRE}{TVPH_D} \times 100$$





Dónde:

%VND= Porcentaje de viviendas que no disponen de drenaje

VPH_NODRE= Viviendas particulares habitadas que no disponen de drenaje

TVPH_D= Total de viviendas particulares habitadas con información de drenaje

Posteriormente se realizó una ponderación de acuerdo a las condiciones de vulnerabilidad referente a las viviendas carentes de drenaje, como se aprecia en la siguiente tabla:

Tabla V.21. Valores asignados según el porcentaje de viviendas sin servicio de drenaje (%VND).

	Porcentaje de viviendas sin servicio de drenaje (%VND)	Condición de vulnerabilidad	Valor
Rangos	De 1.21 a 20.96	Muy baja	0.00
	De 20.97 a 40.71	Baja	0.25
	De 40.72 a 60.46	Media	0.50
	De 60.47 a 80.21	Alta	0.75
	Más de 80.22	Muy alta	1

5.1.2.3.1.3.3. Porcentaje de viviendas sin servicio de electricidad (%VNDE)

La capacidad de respuesta se disminuye con la falta de electricidad, además aumenta la vulnerabilidad de las personas ya que excluye a la población de formas de comunicación como son radio, televisión entre otras (CENAPRED, 2006).

El indicador requiere los valores del total de viviendas particulares habitadas que disponen de luz eléctrica y el total de viviendas particulares habitadas que no disponen de luz eléctrica, estos datos los proporciona el INEGI en los principales resultados por manzana del censo de población y vivienda 2010.

El cálculo de este indicador se obtuvo de la siguiente manera: el total de viviendas particulares habitadas que disponen de luz eléctrica se suma al valor total de viviendas particulares habitadas que no disponen de luz eléctrica como se muestra en la fórmula número uno, este resultado es el número total de viviendas por manzana con información de energía eléctrica. El total de viviendas particulares habitadas que no disponen de luz eléctrica se divide entre el total viviendas por manzana con información de energía eléctrica y esto se multiplica por 100 (Fórmula dos).

Fórmula uno:

$$TVPH_E = VPH_C_ELE + VPH_S_ELEC$$

Dónde:

TVPH_E= Total viviendas por manzana con información de energía eléctrica

VPH_C_ELE= Viviendas particulares habitadas que disponen de luz eléctrica

VPH_S_ELEC= Viviendas particulares habitadas que no disponen de luz eléctrica

Fórmula dos:



$$\%VNDE = \frac{VPH_S_ELEC}{TVPH_E} \times 100$$

Dónde:

%VNDE= Porcentaje de viviendas sin servicio de electricidad

VPH_S_ELEC= Viviendas particulares habitadas que no disponen de luz eléctrica

TVPH_E= Total viviendas por manzana con información de energía eléctrica

Posteriormente se realizó una ponderación de acuerdo a las condiciones de vulnerabilidad referente a las viviendas sin electricidad, como se aprecia en la siguiente tabla:

Tabla V.22. Valores asignados según el porcentaje de viviendas sin servicio de electricidad (%VNDE).

	Porcentaje de viviendas sin servicio de electricidad (%VNDE)	Condición de vulnerabilidad	Valor
Rangos	De 0 a 19.76	Muy baja	0.00
	De 19.77 a 39.52	Baja	0.25
	De 39.53 a 59.28	Media	0.50
	De 59.29 a 79.04	Alta	0.75
	Más de 79.05	Muy alta	1

5.1.2.3.1.4. Subíndice de empleo (SEMP)

Las condiciones de empleo se pueden asociar a una situación de vulnerabilidad, debido a que indican las condiciones de vida de las personas, este subíndice se compone de tres indicadores el porcentaje de la población económicamente inactiva, la razón de dependencia y la tasa de desempleo abierto.

5.1.2.3.1.4.1. Porcentaje de la población económicamente inactiva (%PEIA)

Los ingresos a través del empleo en una vivienda ofrecen la oportunidad de mejorar la calidad y las condiciones de alimentación, vivienda y salud, que se asocian a la capacidad de respuesta ante fenómenos naturales.

Este indicador se calcula dividiendo la población económicamente inactiva que proporciona el INEGI en los principales resultados por manzana del censo de población y vivienda 2010 entre la suma de la población económicamente activa y la población económicamente inactiva, el resultado es multiplicado por cien.

Fórmula:

$$\%PEIA = \frac{PE_INAC}{(PEA + PE_INAC)} \times 100$$



Dónde:

%PEIA= Porcentaje de la población económicamente inactiva

PE_INAC= Población económicamente inactiva

PEA= Población económicamente activa

Posteriormente se realizó una ponderación de acuerdo a las condiciones de vulnerabilidad referente a la población económicamente inactiva, como se aprecia en la Tabla V.23.

Tabla V.23. Valores asignados según el Porcentaje de la población económicamente inactiva (%PEIA).

	Porcentaje de la población económicamente inactiva (%PEIA)	Condición de vulnerabilidad	Valor
Rangos	De 0 a 19.96	Muy baja	0.00
	De 19.97 a 39.92	Baja	0.25
	De 39.93 a 59.88	Media	0.50
	De 59.89 a 79.84	Alta	0.75
	Más de 79.85	Muy alta	1

5.1.2.3.1.4.2. Razón de dependencia (RD)

Mientras mayor sea la razón de dependencia, más personas se verán en desventaja frente a un desastre de origen natural ya que su capacidad de respuesta y prevención prácticamente va a ser nula (CENAPRED, 2006).

La razón de dependencia se obtiene de la suma del total de las personas menores de 15 años y mayores de 64, que se consideran dependientes, entre el total de personas que por su edad se identifican como económicamente productivas (mayores de 15 años y menores de 64 años), se obtiene en porcentaje multiplicando este valor por cien.

Fórmula:

$$RD = \frac{P0_{14a} + P65a}{P15_{64a}} \times 100$$

Dónde:

RD= Razón de Dependencia

P0_14a= Población de 0 a 14 años

P65a= Población de 65 años y más

P15_64a= Población de 15 a 64 años

Posteriormente se realizó una ponderación de acuerdo a las condiciones de vulnerabilidad referente a la razón de dependencia, como se aprecia en la siguiente tabla:



Tabla V.24. Valores asignados según el resultado de la razón de dependencia (RD).

	Razón de dependencia (RD)	Condición de vulnerabilidad	Valor
Rangos	De 37.72 a 57.69	Muy baja	0.00
	De 57.70 a 77.66	Baja	0.25
	De 77.67 a 97.63	Media	0.50
	De 97.64 a 117.60	Alta	0.75
	Más de 117.61	Muy alta	1

5.1.2.3.1.4.3. Tasa de desempleo abierto (TDA)

Este indicador se refiere directamente a la situación de desempleo que influye sobre la capacidad de consumo de la población así como en la capacidad de generar los recursos que posibiliten la adquisición de bienes satisfactorios (CENAPRED, 2006).

Para obtener la tasa de desempleo abierto es necesario dividir el número de personas desocupadas entre la población económicamente activa y multiplicar el resultado por cien.

Fórmula:

$$TDA = \frac{PDESOCUP}{PEA}$$

Dónde:

TDA= Tasa de desempleo abierto

PDESOCUP= Población desocupada

PEA= Población económicamente activa

Posteriormente se realizó una ponderación de acuerdo a las condiciones de vulnerabilidad referente a la tasa de desempleo abierta, como se aprecia en la siguiente tabla:

Tabla V.25. Valores asignados según el resultado de la tasa de desempleo abierto (TDA).

	Tasa de desempleo abierto (TDA)	Condición de vulnerabilidad	Valor asignado
Rangos	De 0 a 3.09	Muy baja	0.00
	De 3.10 a 6.18	Baja	0.25
	De 6.19 a 9.27	Media	0.50
	De 9.28 a 12.36	Alta	0.75
	Más de 12.37	Muy alta	1



5.1.2.3.1.5. Subíndice de población (SP)

Dentro del subíndice de población se consideran varios aspectos como la distribución y características particulares de la población asociadas a diferencias culturales y sociales. Se compone de cuatro indicadores: densidad de población, porcentaje de la población de habla indígena, hacinamiento y porcentaje de la población con limitaciones físicas.

5.1.2.3.1.5.1. Densidad de población (DP)

La densidad poblacional refleja un problema de mala distribución de la población, además de que la tasa de crecimiento es elevada, el problema se agudiza por la migración del medio rural a las ciudades. Cuando la gente se encuentra concentrada en un área limitada, una amenaza natural puede tener un impacto mayor (CENAPRED, 2006).

La densidad se obtiene de dividir el total de la población de un territorio determinado entre la superficie del mismo, en este caso se utilizó la superficie proporcionada por INEGI en los principales resultados por manzana del censo de población y vivienda 2010. El resultado indica el número de habitantes por kilómetro cuadrado.

Fórmula:

$$DP = \frac{PT}{A}$$

Dónde:

DP= Densidad de población

PT= Población total en cada manzana

A= Área en kilómetros cuadrados de cada manzana

Posteriormente se realizó una ponderación de acuerdo a las condiciones de vulnerabilidad referente a la densidad poblacional, como se aprecia en la siguiente tabla:

Tabla V.26. Valores asignados según la densidad de población (DP).

	Densidad de población (DP)	Condición de vulnerabilidad	Valor asignado
Rangos	De 1 a 99 Habitantes por km ²	Muy baja	0.00
	De 100 a 499 Habitantes por km ²	Baja	0.25
	De 500 a 999 Habitantes por km ²	Media	0.50
	De 1,000 a 4,999 Habitantes por km ²	Alta	0.75
	Más de 5,000 habitantes por km ²	Muy alta	1



5.1.2.3.1.5.2. Porcentaje de la población de habla indígena (%PI)

La mayoría de los municipios donde se asienta la población indígena, presenta una estructura de oportunidades muy precaria, lo cual se refleja en condiciones de vulnerabilidad de esta población (CENAPRED, 2006).

Este porcentaje se obtiene de dividir a la población de 5 años y más que habla alguna lengua indígena entre el total de la población de 5 años y más, el resultado es multiplicado por cien. El INEGI establece que para considerar a una población predominantemente indígena al menos el 40% de la población debe hablar alguna lengua indígena (CENAPRED, 2006).

Fórmula:

$$\%PI = \frac{P5_HLI}{P_5YMAS} \times 100$$

Dónde:

%PI= Porcentaje de la población indígena

P5_HLI= Población de 5 años y más que habla alguna lengua indígena

P_5YMAS= Población de 5 años y más

Posteriormente se realizó una ponderación de acuerdo a las condiciones de vulnerabilidad referente a la población indígena, como se aprecia en la siguiente tabla:

Tabla V.27. Valores asignados según el porcentaje de la población indígena (%PI).

	Porcentaje de la población indígena (%PI)	Condición de vulnerabilidad	Valor
Rangos	Más del 40% de la población	Predominantemente indígena	1
	Menos del 40% de la población	Predominantemente no indígena	0.00

5.1.2.3.1.5.3. Indicador de hacinamiento por cuarto (POC)

El hacinamiento refiere a la relación entre el número de personas en una vivienda y el espacio o número de cuartos disponibles. Dado que el acceso de los pobres a los recursos es limitado, las instalaciones de vivienda que ocupan tienden a ser menos apropiadas (Spicker, Álvarez y Gordon, 2009), lo que representa un factor de vulnerabilidad en la población.

El promedio de ocupantes por cuarto en viviendas particulares habitadas resulta de dividir el número de personas que residen en viviendas particulares habitadas entre el número de cuartos de esas viviendas. El valor de este indicador se tomó directamente de los principales resultados por manzana del censo de población y vivienda 2010 (INEGI), sin embargo en este apartado se muestra la metodología.

Fórmula:

$$POC = \frac{TPV}{NCV}$$



Dónde:

POC= Promedio de ocupantes por cuarto en viviendas particulares habitadas

TPV= Número total de personas que residen en cada vivienda

NCV= Número de cuartos por vivienda

Posteriormente se realizó una ponderación de acuerdo a las condiciones de vulnerabilidad referente a los ocupantes por cuarto, como se aprecia en la Tabla V.28.

Tabla V.28. Valores asignados según el promedio de ocupantes por cuarto en viviendas particulares habitadas (POC).

	Promedio de ocupantes por cuarto(POC)	Condición de vulnerabilidad	Valor
Rangos	Menos de 2.4	Sin hacinamiento	0.00
	2.5 a 4.9	Hacinamiento medio	0.50
	5 y más	Hacinamiento critico	1

5.1.2.3.1.5.4. Porcentaje de la población con limitaciones físicas (%PCL)

En situaciones de desastre y emergencia las personas con discapacidad se ven afectadas de manera desproporcionada, debido a que las medidas de evacuación, respuesta y recuperación la mayoría de las veces resultan inaccesibles (ONU, 2014). Por ello es importante conocer en qué parte del municipio existe más proporción de la población con limitaciones que representa vulnerabilidad ante fenómenos naturales.

Este indicador se calcula dividiendo el total de personas que tienen dificultad para el desempeño y/o realización de tareas en la vida cotidiana entre la suma de este mismo valor y el total de personas que no tienen dificultad, el resultado es multiplicado por cien.

Fórmula:

$$\%PCL = \frac{PCON_LIM}{(PCON_LIM + PSIN_LIM)} \times 100$$

Dónde:

%PCL= Porcentaje de la población con limitaciones en la actividad

PSIN_LIM= Personas que no tienen dificultad para el desempeño y/o realización de tareas en la vida cotidiana

PCON_LIM= Personas que tienen dificultad para el desempeño y/o realización de tareas en la vida cotidiana



Posteriormente se realizó una ponderación de acuerdo a las condiciones de vulnerabilidad referente a la población con limitaciones, como se aprecia en la Tabla V.29.

Tabla V.29. Valores asignados según el porcentaje de la población con limitaciones en la actividad (%PCL).

	Porcentaje de la población con limitaciones en la actividad (%PCL)	Condición de vulnerabilidad	Valor
Rangos	De 0 a 9.9	Muy baja	0.00
	De 10.0 a 19.9	Baja	0.25
	De 20.0 a 29.9	Media	0.50
	De 30.0 a 39.9	Alta	0.75
	Más de 40	Muy alta	1

5.1.2.3.2. Resultados del análisis

En el municipio de Playas de Rosarito, el mayor porcentaje de personas que reside manzanas urbanas del municipio con vulnerabilidad social corresponde a la categoría Baja con 41,183 habitantes que representan el 54.14% de la población, le sigue la población que se encuentra en categoría Muy baja con 19,542 habitantes, es decir el 25.68%; luego la población en categoría Media con 12,770 habitantes (16.78%), en categoría de vulnerabilidad social Alta hay 1,973 habitantes (2.59%) y finalmente la población que se encuentra en la categoría de vulnerabilidad social Muy alta es de 629 habitantes (0.83%).

Tabla V.30. Población en el municipio de Playas de Rosarito ubicada en sitios en alguna categoría de vulnerabilidad social.

Vulnerabilidad	Población	%	Manzanas	%
Muy alta	629	0.83	12	0.59
Alta	1,973	2.59	73	3.59
Media	12,770	16.78	354	17.40
Baja	41,183	54.12	958	47.08
Muy baja	19,542	25.68	638	31.35
Total	76,097	100.00	2,035	100.00

5.1.2.3.3. Ponderación de la vulnerabilidad social

Se tomaron los rangos de vulnerabilidad social de la Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos en la edición para la evaluación de la vulnerabilidad física y social del Centro Nacional de Prevención de Desastres (2006).





Tabla V.31. Rangos de la vulnerabilidad social.

Rangos de vulnerabilidad social	Condición de vulnerabilidad
De 0 a 0.20	Muy baja
De 0.21 a 0.40	Baja
De 0.41 a 0.60	Media
De 0.61 a 0.80	Alta
Más de 0.81	Muy alta

5.1.2.3.4. Vulnerabilidad social ante sismos

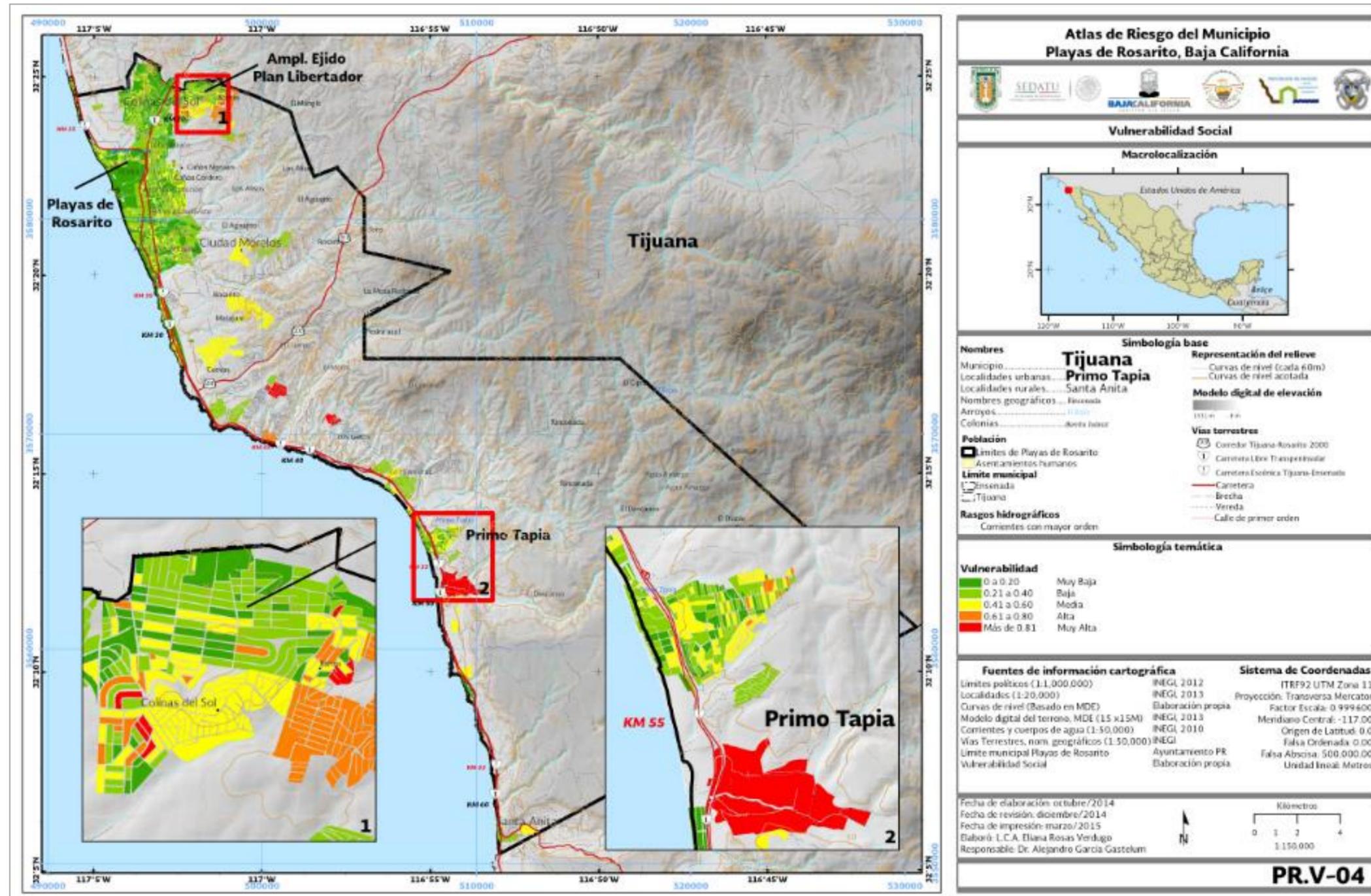


Figura V.8. Índice de vulnerabilidad social por manzana del municipio de Playas de Rosarito.

Los resultados de vulnerabilidad social muestran que el nivel que predomina es de bajo a muy bajo, aunque en la Figura V.8 se distinguen varias zonas con vulnerabilidad muy alta, la primera de ellas de menor extensión (cinco manzanas) se ubica al noreste de la mancha urbana del Ejido Ampliación Plan Libertador; entre las cañadas el Cuervo y El Morro destaca otra zona correspondiente a las colonias Hacienda del Sol y Hacienda las



Flores, al sur de este sitio entre El Morro y Los Gatos también presenta vulnerabilidad muy alta la colonia Rancho 40; la última porción se sitúa al sur de la localidad urbana de Primo Tapia en las colonias de Villa Campestre y Misión de San Miguel en los márgenes del arroyo El Descanso. Los componentes del índice nos muestran que la población económicamente activa e inactiva es prácticamente igual (50% respectivamente), el indicador de razón de dependencia se encuentra en un nivel medio y la tasa de desempleo es alta, en general las condiciones sociales que predominan respecto a salud, educación, vivienda, empleo y población son preponderantes como para dar como resultado una vulnerabilidad social muy alta, por ejemplo la zona rural tiene una densidad de población muy alta, en algunos casos la población carece de drenaje y no tiene acceso a agua potable, en algunas manzanas las viviendas no cuentan con servicios de salud, el grado de escolaridad es bajo, las viviendas no cuentan con los satisfactores de necesidad básica y saneamiento.

La vulnerabilidad social es alta en la zona costera norte en Baja Malibú; en el Ejido Ampliación Plan Libertador en Cumbres de Rosarito, San Miguel y Cumbres del Mar, al centro del municipio en Villas de San Pedro y Costa Hermosa. En estas colonias las condiciones sociales pueden estar asociadas a la falta de seguridad social, analfabetismo o grados de escolaridad bajos, los servicios de las viviendas pueden ser precarios, en ocasiones la población puede estar desempleada o puede haber una alta densidad de población. Ahora bien en Ampliación Ejido Plan Libertador, en la colonia Real de Rosarito y Colinas del Sol la vulnerabilidad es media primordialmente, en las colonias ubicadas entre el arroyo El Aguajito y la cañada El Cuervo al sureste de Playas de Rosarito también predomina el nivel medio con algunas manzanas de nivel bajo en Lomas Altas I y II y la colonia San Miguel, el resto de los sitios que presentan vulnerabilidad media se distribuyen en La Ladrillera, Puerto Nuevo, Colinas del Puerto, algunas manzanas en Primo Tapia, en Cuenca La Lechera, Venustiano Carranza y Río la Misión en el límite sur del municipio. Esta condición de vulnerabilidad se debe a que en la mayoría de las manzanas las viviendas cuentan con servicios de salud, el grado de escolaridad es medio y el grado de analfabetismo es muy bajo, la población con limitaciones es muy baja, la condición de desempleo es media, las viviendas cuentan con los satisfactores de necesidad básica y saneamiento.

La mayor parte de las colonias localizadas en la zona urbana de Playas de Rosarito tienen una vulnerabilidad muy baja y baja, de estas en Campestre Lagos, Lomas del Desierto, Rosamar, zona de PEMEX y Termoeléctrica, playa Bebé, Eduardo Crosthwaite y Rinconada de Rosarito predomina un nivel muy bajo, mientras que Lomas Altas I y II en la porción entre el arroyo Aguajito y Rosarito, Terrazas del Pacífico, Ampliación Terrazas del Pacífico, Terrazas del Mar, Villas San Ángel, Vista Marina, Marbella, Mar de Puerto Nuevo, El Descanso y el Fraccionamiento Misión Vieja de San Miguel corresponden a valores de vulnerabilidad baja. En general, en las viviendas ubicadas en estas colonias lo que prevalece respecto a la vulnerabilidad social son condiciones favorables, por ejemplo la población cuenta con acceso a servicios de salud, el analfabetismo es nulo, la población entre los 6 y 14 años asiste a la escuela, y el grado de escolaridad oscila entre los nueve años; respecto a las características de la vivienda cuentan con agua entubada y prácticamente todas las viviendas tienen servicios de drenaje y electricidad; respecto a las condiciones de desempleo, éstas no existen y tampoco una alta dependencia económica. A pesar de que la densidad de población es alta en estas colonias, las condiciones particulares como hacinamiento, población indígena y personas con limitaciones físicas son muy bajas.

Al igual que en la localidad urbana Playas de Rosarito las colonias que componen la localidad urbana de Primo Tapia exhiben una vulnerabilidad desde muy alta hasta muy baja, que si bien no son muchas manzanas (10) con valores muy altos sí son de gran extensión como se muestra en la Figura V.8 en el recuadro número dos. En esta zona predominan niveles medios y bajos.

5.1.3. Tsunamis

Los tsunamis son una serie de olas provocadas por el desplazamiento vertical de un gran volumen de agua, usualmente un océano. El término japonés tsunami significa puerto (tsu) ola (nami) debido a que las olas frecuentemente producen un efecto de resonancia dentro de los puertos, a consecuencia de un sismo en el océano (Bryant, 2008).

Comúnmente, los tsunamis se originan como consecuencia de un sismo (en tierra o mar), deslizamientos terrestres o submarinos, flujos turbulentos, erupciones volcánicas, condiciones meteorológicas específicas, impacto de meteoritos, entre otros. El mecanismo de generación de un tsunami es capaz de producir un disturbio abrupto y extenso a un gran volumen de agua contenida en un océano, mar o grandes lagos (Mambretti, 2013).

En teoría, todas las zonas costeras en el mundo poseen cierto grado de peligro de experimentar un tsunami. Evidentemente, aquellas áreas donde existe una mayor actividad sísmica y volcánica son las que poseen mayores posibilidades de ser impactadas por un tsunami. El llamado Cinturón de Fuego o Cinturón Circumpacífico ubicado en la franja que rodea al Océano Pacífico, es la zona con mayor actividad sísmica en el mundo y por lo tanto



es en la que se conoce la mayor cantidad de impactos por tsunami. Sin embargo los tsunamis no sólo son ocasionados por sismos; de hecho, el alcance máximo registrado por un tsunami (525 metros por encima del nivel del mar) ocurrió en Alaska en 1958, y fue ocasionado por el deslizamiento en una falla localizada en la ladera de una montaña (Mambretti, 2013).

A grandes rasgos los tsunamis se clasifican de acuerdo a la distancia que existe entre su lugar de origen y el sitio de arribo, así como por el tiempo que tarda en desplazarse entre estos dos puntos. Se les llama tsunamis locales, a aquellos cuyo lugar de arribo es muy cercano a la zona de generación y que su tiempo de desplazamiento es menor a una hora. Los tsunamis regionales son aquellos que tardan pocas horas en trasladarse de su zona de generación a la costa, y la distancia recorrida es menor a 1000 km. Por último, los tsunamis lejanos, también conocidos como remotos, transoceánicos o teletsunamis, se generan a más de 1,000 km de su lugar de arribo y tardan aproximadamente 12 horas en llegar a la costa (CENAPRED, 2005).

La ola de un tsunami se caracteriza por tener periodos (tiempo que tardan dos crestas de ola en pasar por un mismo punto) de 100 a 2,000 segundos y pueden viajar a una velocidad de 600 a 900 km/h en las partes más profundas del océano. Al acercarse a la costa, la ola disminuye su velocidad a aproximadamente 30 km/h; generalmente las olas de tsunami no rompen, por lo cual traen una enorme cantidad de energía a la costa. Las olas de tsunami se trasladan “sintiendo” en fondo marino, por lo cual los obstáculos batimétricos como las islas en cadena o los montes submarinos pueden desviar la trayectoria del tsunami, provocando que su energía se concentre o bien se disipe. Es importante tomar en cuenta la configuración del fondo marino, pues puede contribuir a que el tsunami se propague hasta alcanzar costas lejanas o por el contrario, puede proteger las costas cercanas a la zona de generación del tsunami (Bryant, 2008).

5.1.3.1. Índice de susceptibilidad por tsunami

5.1.3.1.1. Metodología y memoria de cálculo para la determinación de la susceptibilidad por tsunami

La Secretaría de Desarrollo Agrario Territorial y Urbano (SEDATU, 2014), señala en el documento “Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo 2014” que en el método de análisis nivel dos de tsunami se considera una altura máxima del mar de 10 m y una penetración de 1 km para determinar las zonas en posible susceptibilidad. Por otra parte el CENAPRED (2006), en la “Guía para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos: Fenómenos Geológicos” indica que la altura máxima esperada para olas que impacten la franja inmediata a la línea de costa en la zona receptora de tsunamis lejanos es de 3 m. En ambos documentos se menciona que se debe realizar una búsqueda de registros históricos de sismos que hayan ocasionado tsunamis; para el caso del municipio de Playas de Rosarito se sabe que los sismos generadores de tsunamis que pueden impactar la costa se originan en la región del Cinturón de Fuego del Pacífico, en sitios como Japón, Islas Aleutianas, Alaska y Chile.

En el estudio realizado en el Atlas de Riesgo del Estado de Baja California (CICESE, Inédito), se modelan los tsunamis que han impactado en el pasado al estado de Baja California y se validan con la información recabada en los mareógrafos disponibles tanto en el estado como en el resto de las costas mexicanas pertenecientes a la cuenca del Pacífico. En este documento se encontró que el tsunami que más afectó a las costas de Baja California fue el que se produjo en Alaska en el año de 1964, el cual ocasionó olas con altura de hasta 1.5 m sobre el nivel normal de la marea.

Por otra parte, en el mismo Atlas de Riesgo (op. cit.), también se modelan tsunamis hipotéticos que podrían generarse en distintos sitios de la región del Cinturón de Fuego. En estos escenarios la ola del tsunami podría alcanzar los 5 m de altura por arriba de la pleamar, sin embargo es importante señalar que el mismo documento afirma que la posibilidad de que ocurra un tsunami de tal magnitud es remota.

Para construir el *peor escenario esperable de desastre* por tsunami se consideró la altura de ola de 2 m (sobre el nivel de la pleamar), establecida en el Atlas de Riesgo del Estado de Baja California (op. cit.), como el nivel máximo esperado por tsunamis en las costas del Pacífico del estado de Baja California, con fundamento en los registros históricos de tsunamis.



Por otra parte, se calculó el nivel de pleamar de referencia utilizando el pronóstico del componente de marea del Puerto de Ensenada, B. C., para los próximos 100 años generado con el software MAR V0.9 elaborado por el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE). Al tomar de referencia la pleamar, significa que se considera que el tsunami puede arribar durante una marea alta o “marea viva”, lo cual permite evaluar el peligro durante el nivel máximo posible que podría alcanzar el tsunami.

Una vez establecida la altura de la ola de tsunami, es posible obtener el área inundable y sus afectaciones utilizando como base la información topográfica de la zona. Para ello se utilizaron las curvas de nivel con resolución vertical de 1 m y un error cuadrático medio de 5 cm proporcionadas por el Ayuntamiento del Municipio de Rosarito, así como fotografía aérea actualizada del territorio municipal. Con estos insumos se determinó la pendiente de las playas así como la distancia de penetración de la ola.

5.1.3.1.2. Resultados del análisis

En el análisis realizado de la susceptibilidad de tsunamis en el municipio Playas de Rosarito se tiene que de la población que habita en las 43 manzanas urbanas localizadas en la costa del municipio (1,634 habitantes), el 51.77% (846 habitantes) se encuentran en zonas donde la susceptibilidad es muy alta, el 22.58% (369 habitantes) en zonas con susceptibilidad media y el 25.64% (419 habitantes) en lugares donde la susceptibilidad por tsunami es baja (Tabla V.32).

Tabla V.32. Población del municipio Playas de Rosarito ubicada en zonas en alguna categoría de susceptibilidad por tsunami

Susceptibilidad	Población	%	Manzanas	%
Muy Alta	846	51.77	31	70.45
Alta	0	0.00	0	0.00
Media	369	22.58	8	18.18
Baja	419	25.64	5	11.36
Muy Baja	0	0.00	0	0.00

5.1.3.1.3. Ponderación de la susceptibilidad

La distancia de penetración de la ola sirvió para categorizar la susceptibilidad en cinco niveles, de acuerdo con la Tabla V.33.

Tabla V.33. Nivel de susceptibilidad por tsunami de acuerdo con la distancia de penetración para una ola de 2 m sobre el nivel de pleamar.





Distancia de penetración (m)	Ponderación	Nivel de susceptibilidad
<=10	1	Muy Bajo
<=20	2	Bajo
<=30	3	Medio
<=40	4	Alto
>40	5	Muy Alto

5.1.3.1.4. Susceptibilidad por tsunami



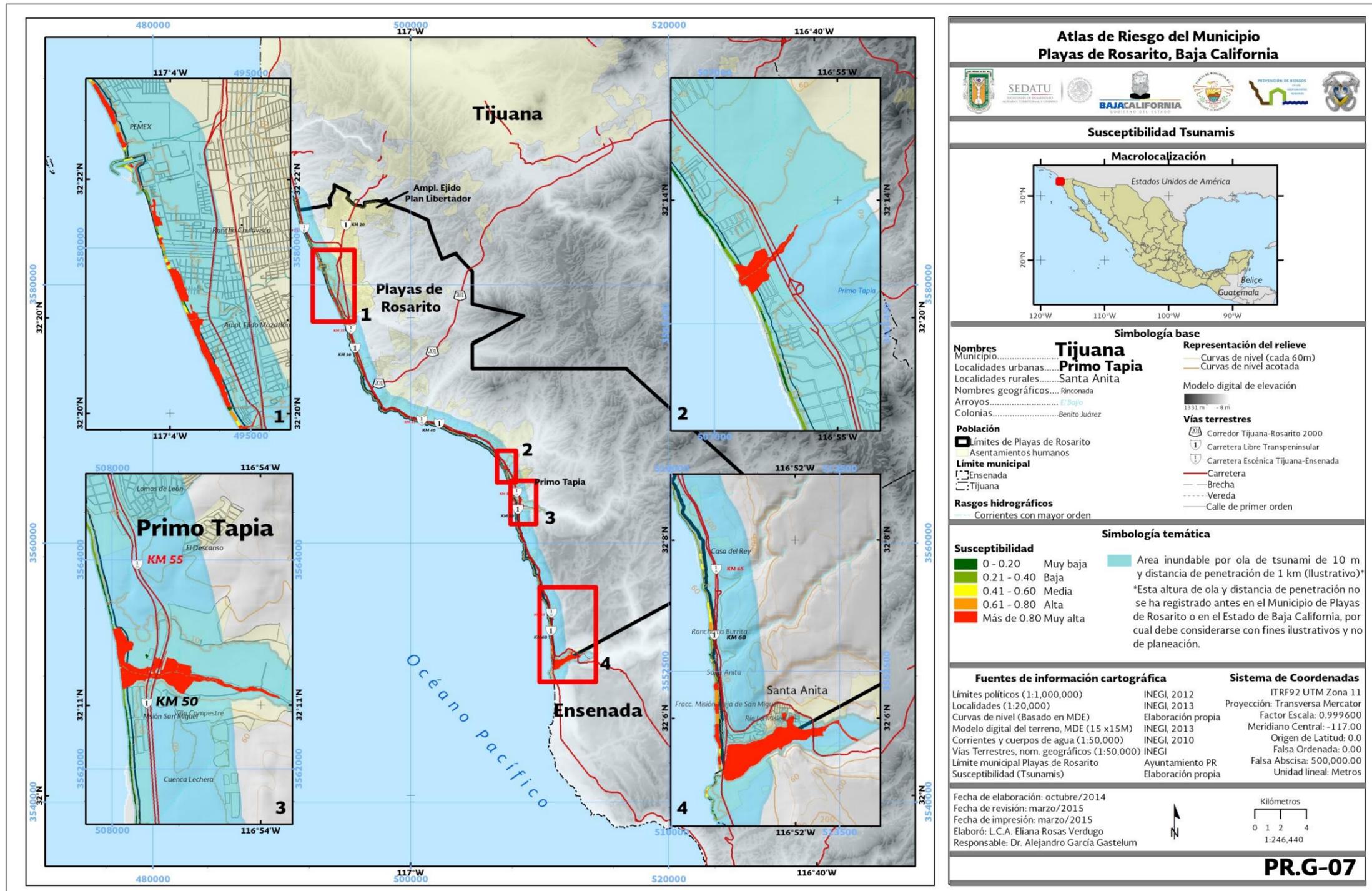


Figura V.9. Índice de susceptibilidad por tsunamis en el municipio de Playas de Rosarito.



El CENAPRED clasifica las costas del Pacífico mexicano como zonas generadoras y/o receptoras de tsunamis. Las zonas generadoras de tsunamis locales y receptoras de lejanos se ubican a lo largo de la porción costera que va desde Nayarit hasta Chiapas, esta zona se encuentra sujeta al proceso de subducción de las placas de Cocos y Rivera debajo de la placa Norteamericana. Las zonas receptoras de tsunamis lejanos se ubican a lo largo de toda la costa de la península de Baja California y los estados de Sonora y Sinaloa. Sólo se considera la zona del Alto Golfo de California como generadora de tsunamis, debido a que en el año de 1852 se registró un tsunami que provocó alturas de ola de 3 m; el epicentro del sismo que generó el tsunami se localizó en Cerro Prieto, se cree que este sismo fue producto de un gran deslizamiento de sedimentos (CENAPRED, 2001).

En el documento “Peligros Naturales y Tecnológicos relevantes durante el periodo 1810-2020” del CENAPRED (2010), no se identifican eventos de tsunami en el estado de Baja California, sin embargo existen registros de tsunamis de origen lejano, los cuales se enlistan en la Tabla V.34 y se obtuvieron del Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México publicado por el CENAPRED en 2001, así como del Atlas de Riesgo del Estado de Baja California (inédito).

Tabla V.34. Tsunamis registrados en la costa del Pacífico del estado de Baja California.

Fuente: CENAPRED, 2001 (inédito).

Fecha del evento	Ubicación del sismo generado	Magnitud del sismo	Tiempo de arribo	Altura de ola
9-Mar-1957	Islas Aleutianas	8.3	-	1 m
22-May-1960	Chile	9.5	13 a 14 horas	1 m sobre la marea
27-Mar-1964	Alaska	9.2	5 a 6 horas	Menos de 1 m sobre la marea
16-May-1968	Japón	8.0	-	0.3 m
29-Nov-1975	Hawaii	7.2	-	0.5 m
27-Feb-2010	Chile	8.8	12 a 13 horas	0.5 m sobre el nivel del mar
11-Mar-2011	Japón	9	10 a 11 horas	Contenido entre los niveles de pleamar y bajamar

El municipio de Playas de Rosarito posee aproximadamente 47 km de costa y un área con potencial de inundación por tsunami de 241.6 ha; cabe señalar que dicha área en la mayor parte de la costa queda contenida dentro de la zona intermareal. En el mapa de susceptibilidad a tsunamis (Figura V.9), se indica la cota de 10 m y penetración del tsunami de 1 km tierra adentro como lo establece SEDATU (2014); sin embargo es importante señalar que tal altura de ola y distancia de penetración no se ha registrado antes en el municipio de Playas de Rosarito o en el estado de Baja California, por lo cual deben considerarse con fines ilustrativos y no de planeación.

Para una altura de ola de 2 m sobre la pleamar, el 10.7% de la línea de costa se clasifica con una susceptibilidad de tsunami muy alto, lo cual representa el 69% de toda el área inundable. Esta condición la presentan aquellos sitios de la costa que poseen una pendiente suave que permite un avance de la ola de más de 40 m, como lo son las desembocaduras de los arroyos y la sección de la playa que va desde el arroyo Seco ubicado en la colonia Reforma al norte del municipio, hasta Punta La Paloma. En esta última sección, la cota de 2 m penetra hasta 140 m tierra adentro en la zona centro y el área inundable es de 5.45 ha, siendo la playa con la mayor extensión susceptible después de las desembocaduras de los arroyos (Figura V.9). En las desembocaduras de los arroyos, la cota de 2 m puede penetrar hasta 3 km tierra adentro en el caso del arroyo La Misión, 1.5 km en el arroyo El Descanso, 500 m en el arroyo El Morro y 450 m en el arroyo Rosarito; en los demás, la cota no avanza más de 300 m tierra adentro.



Con susceptibilidad alta y media se encuentran segmentos de playa adyacentes al arroyo Rosarito, pequeñas porciones de playa al norte y sur de la planta termoeléctrica Juárez y en las playas al norte de la desembocadura del arroyo La Misión así como en sus colindancias. El nivel de susceptibilidad alta lo presenta apenas un 3.5% del total de la línea de costa y representa un área de 10.75 ha, mientras que con susceptibilidad media se encuentra el 5.9% de la línea de costa, lo que se traduce en un área de 10.47 ha (Figura V.9).

El resto de las playas del municipio presentan susceptibilidad baja y muy baja, que en su conjunto suman cerca del 80% de toda la línea de costa pero que representan una área de 53.66 ha. Las playas que poseen estos dos niveles de susceptibilidad se distribuyen en toda la línea de costa del municipio y se caracterizan por cantiles con base relativamente angosta, como la sección de Campo Torres (en el límite norte del municipio), hasta Santa Mónica (a la altura de la Col. Reforma), las playas de bolsillo entre Punta La Paloma y Rancho Evelia, playas de bolsillo de Popotla (al sur de Estudios Fox), la sección entre Punta El Descanso y arroyo El Morro, del desarrollo turístico Grand Baja en Puerto Nuevo hasta el desarrollo turístico Palacio del Mar, segmentos de playa de El Médano hasta Misión Viejo (en los cuales la presencia de dunas protege al territorio no solo de la inundación por tsunami sino también del oleaje de tormenta y mareas anormalmente altas), así como la porción que limita al norte por el fraccionamiento Puerta del Mar hasta el Campo Alisitos al sur.

Existen además playas con susceptibilidad baja y muy baja que presentan puntas rocosas y/o cantiles de base angosta que no permitirían el avance del tsunami tierra adentro, como lo son las playas de la sección de Villas de Rosarito hasta Playa Encantada, de Rancho Evelia hasta Estudios Fox, del desarrollo turístico Club Marena hasta Las Gaviotas, las playas localizadas a la altura del centro turístico De Raúl hasta Puerto Nuevo, en las puntas rocosas que se encuentran entre el fraccionamiento Marena Cove hasta Campo López y en el límite sur del municipio, adyacente al arroyo La Misión.

5.1.3.2. Índice de exposición física ante tsunamis

5.1.3.2.1. Metodología y memoria de cálculo para la determinación de la exposición física ante tsunamis

La exposición física se obtuvo mediante el método descrito en el índice de exposición física ante sismos pero con modificaciones en cuanto al uso de los indicadores y su ponderación. Los indicadores evaluados fueron la cantidad de niveles o plantas de las construcciones, tipo de piso, menaje y tipo de equipamiento si es que éste existe; a diferencia del apartado exposición del fenómeno de sismos, en este caso no se evalúa el tipo de techo. La información que alimenta los indicadores se tomó de INEGI (2010).



Los indicadores se analizan a nivel de manzana en todo el municipio y cada uno posee una ponderación que define el nivel de exposición ante tsunami e inundación. A continuación se describe cada indicador y la ponderación correspondiente.

Para medir la exposición física se sumaron los resultados de cada indicador como se muestra en la siguiente fórmula, para finalmente ser normalizaron con valores de 0 a 1.

$$IEF = TC + Eq + Me$$

Dónde:

IEF= Índice de exposición física

TC= Tipo de construcción

Eq= Indicador de equipamiento

Me= Indicador de menaje

5.1.3.2.1.1. Subíndice tipo de construcción (TC)

El subíndice de tipo de construcción fue el resultado de la sumatoria de los subíndices de porcentaje de viviendas con piso de tierra y niveles de las edificaciones que se describen a continuación.

5.1.3.2.1.1.1. Porcentaje de viviendas con piso de tierra (%Piso)

Las manzanas adquirieron una ponderación de acuerdo al porcentaje de viviendas que poseen piso de tierra (Tabla V.35).

Tabla V.35. Ponderación de acuerdo al porcentaje de viviendas con piso de tierra por manzana.

Porcentaje de casas con piso de tierra	Condición de vulnerabilidad	Ponderación
<=20	Muy Baja	0
<=40	Baja	0.25
<=60	Media	0.5
<=80	Alta	0.75
>80	Muy Alta	1

5.1.3.2.1.1.2. Niveles en edificaciones (Ni)

Cada manzana adquirió la ponderación de acuerdo al número de niveles que predomina en los edificios y viviendas que se localizan en ella. La ponderación se presenta en la Tabla V.36 en la cual se definieron tres categorías en las que se expresa que aquellas edificaciones y viviendas con menor número de niveles o plantas tienen una mayor exposición ante la presencia de tsunamis o inundaciones pluviales.

Tabla V.36. Ponderación de las edificaciones y viviendas de acuerdo al número de niveles.

Niveles	Condición de	Valor
---------	--------------	-------





	exposición	
1	Alta	1
2	Media	0.5
>2	Baja	0

5.1.3.2.1.2. Subíndice de equipamiento (Eq)

El subíndice de equipamiento se compone de la suma por manzana del ponderador asignado a cada tipo de equipamiento que exista en ella (Tabla V.37).

Tabla V.37. Ponderación de acuerdo al tipo de equipamiento por manzana.

Tipo de equipamiento	Ponderación
Edificios de salud	1
Servicios públicos (bomberos y policías)	1
Asistencia social	0.75
Educación	0.75
Administración pública	0.5
Edificios de comunicación	0.5
Edificios de cultura	0.25
Unidades y canchas deportivas	0.25
Edificios e infraestructura de recreación	0.25
Predios de donación municipal	0.1

5.1.3.2.1.3. Subíndice de menaje (Me)

El subíndice de menaje se determinó mediante la suma ponderada del número de viviendas por manzana que poseen cada uno de los artículos que se presenta en la Tabla V.38.

Tabla V.38. Ponderación para menaje de casa.

Artículo	Valor
Radio	0.75
TV	0.75



Refrigerador	1
Lavadora	0.25
Auto	0.5
PC	0.75

Posteriormente, la suma normalizada del menaje por manzana se clasificó utilizando puntos de inflexión (Jenks, 1967), la cual define las categorías de acuerdo con la Tabla V.39.

Tabla V.39. Clasificación del menaje por manzana.

Valor del menaje (normalizado)	Condición de exposición
0.017	Muy Baja
0.05	Baja
0.13	Media
0.36	Alta
>0.36	Muy Alta

5.1.3.2.2. Resultados del análisis

En el análisis de la población realizado para exposición física en el caso de presentarse fenómenos como inundaciones y tsunamis se tiene que el mayor porcentaje corresponde a la categoría de exposición baja con 48.93% (37,236 habitantes), le sigue la población en la categoría de exposición media con 32,911 habitantes que representan el 43.25%. La población con exposición alta representa el 5.95% (4,529 habitantes), mientras que 956 habitantes (1.26%) presentan una exposición a este tipo de fenómenos muy baja y 465 habitantes (0.61%) tiene una exposición muy alta.

Tabla V.40. Población en el municipio de Playas de Rosarito ubicada en zonas en alguna categoría de exposición física.

Exposición	Población	%	Manzanas	%
Muy alta	465	0.61	6	0.29
Alta	4,529	5.95	85	4.17
Media	32,911	43.25	746	36.59
Baja	37,236	48.93	1,117	54.78
Muy baja	956	1.26	85	4.17
Total	76,097	100.00	2,039	100.00



5.1.3.2.3. Ponderación de la exposición física

La exposición ante eventos de tsunamis se clasificó en cinco clases con intervalos iguales como se muestra en la Tabla V.41.

Tabla V.41. Clasificación de los distintos niveles de exposición.

Valor de exposición	Condición de exposición
≤ 0.2	Muy baja
≤ 0.4	Baja
≤ 0.6	Media
≤ 0.8	Alta
> 0.8	Muy alta

5.1.3.2.4. Exposición física ante tsunamis

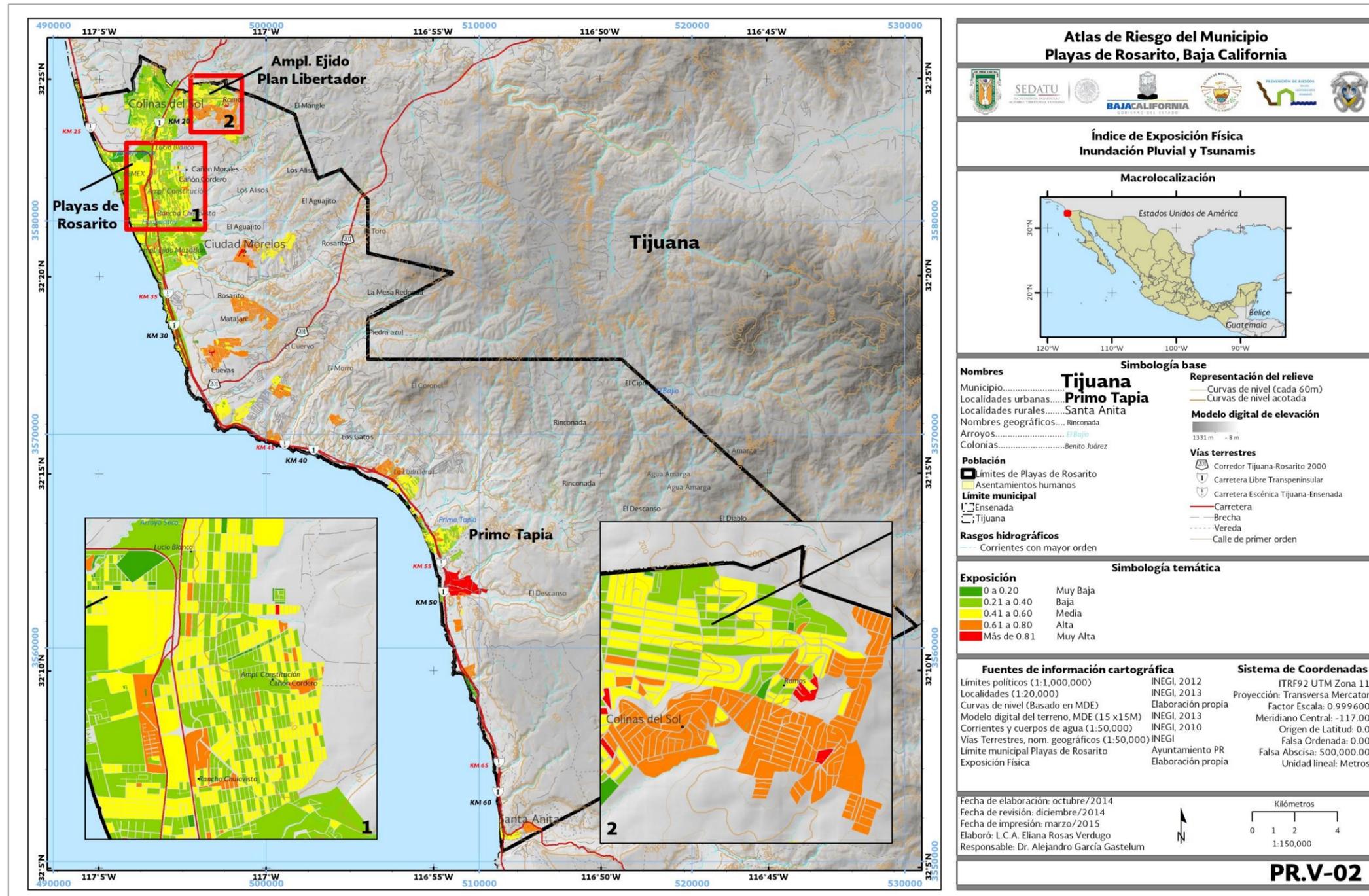


Figura V.10. Índice de exposición física por manzana ante eventos de tsunamis e inundación pluvial.

Los resultados de exposición muestran que es alta en la parte noreste de la mancha urbana, en las colonias Cumbres del Mar, Cumbres de Rosarito y en Colinas del Sol, Ejido Plan Libertador. Hacia el centro y sur de la mancha urbana con exposición alta se tiene Hacienda Floresta, Chulavista, colonia Magisterial y algunas secciones de Lomas de Coronado. Hacia la sección sureste de la mancha urbana en las colonias ubicadas entre el



arroyo El Aguajito y la cañada El Cuervo, con muy alta, resultó la colonia Catalina del Mar y Morelos y una manzana de la sección Misión del Mar I, con alta exposición la mayor parte de las manzanas de esta zona ubicadas en las localidades Santa Anita del Mar, Rancho la Capilla, Real del Sol, Puesta del Sol, Puesta del Sol II, Colinas del Volcán, Caracoles del Mar, Corona de Baja, y Misión del Mar I y II. En la porción central del municipio, las secciones de alta exposición, se concentran en las colonias Hacienda las Flores, Hacienda del Sol, Costa Hermosa y Villas de San Pedro, Rancho 40, Vista Marina, La Ladrillera Y Colinas del Puerto; al sur en Cuenca la Lechera, Venustiano Carranza y Río La Misión.

La exposición en la franja costera del municipio se determinó para algunos segmentos en los que existe la información necesaria para calcular cada uno de los indicadores. Las zonas en las que se evaluó la exposición se ubican en el extremo norte del municipio, desde el límite municipal hasta Rancho Evelia, desde Puerto Nuevo hasta Misión Viejo y las colonias Playas la Misión y Santa Anita. Se determinó que en estas zonas la exposición oscila entre muy baja, baja y media, con pequeñas áreas con exposición alta y ninguna con muy alta (Figura V.10).

La sección norte delimitada por Campo Torres y Rancho Evelia es la zona con mayor presencia de actividades humanas y por lo tanto es la que posee mayor área con algún nivel de exposición. En esta sección predominan manzanas con exposición baja y media, aunque se detectaron nueve manzanas con exposición alta; estas manzanas se ubican en la zona adyacente a la desembocadura del arroyo Rosarito y en el fraccionamiento Playa Mazatlán.

De manera similar al segmento norte, en la franja costera delimitada por Puerto Nuevo hasta Misión Vieja de San Miguel, la exposición es muy baja, baja y media a excepción de un grupo de manzanas ubicadas en Campo Reynoso con exposición alta y el área de El Descanso que presenta valores muy altos. En esta última zona la pendiente del terreno es suave y permite el avance del mar hacia tierra, por lo cual es necesario incluirla en el análisis. La zona de El Descanso es la única con exposición muy alta ubicada lo suficientemente cerca de la línea de costa para estar expuesta a tsunamis.

Está fuera del alcance del presente estudio la evaluación de la exposición de las actividades económicas como el turismo o de las actividades industriales, sin embargo es necesario realizar el análisis de estos factores dado que la playa en conjunto con las actividades relacionadas al turismo forman uno de los principales insumos económicos para el municipio; además en esta zona se ubican instalaciones de la industria energética con importancia no solo para el municipio de Playas de Rosarito sino también para el resto del estado.

5.1.3.3. Índice de vulnerabilidad social

5.1.3.3.1. Metodología y memoria de cálculo para la determinación de la vulnerabilidad social ante tsunamis

La vulnerabilidad social para todos los agentes perturbadores que se evalúan en el presente atlas corresponde a la desarrollada en el fenómeno de sismos, por lo que no se describe en este apartado. Para conocer a detalle el procedimiento para su evaluación es necesario remitirse al apartado “Metodología y memoria de cálculo para la determinación de la vulnerabilidad social ante sismos”.

Se definió emplear el mismo modelo ya que la vulnerabilidad social en todos los casos está en función de los indicadores de salud, educación, vivienda, empleo y población, es decir, el hecho de que la población no cuente con servicios de salud, que el grado de escolaridad alcanzado sea bajo y las viviendas no cuenten con servicios básicos como drenaje, agua entubada, electricidad hace que la población sea igualmente vulnerable ante fenómenos de origen geológico e hidrometeorológico. Lo mismo sucede cuando un porcentaje elevado de la población presenta dificultades para desempeñar las tareas cotidianas, cuando existen tasas de desempleo elevadas o la distribución de la población es desigual concentrándose primordialmente en las zonas urbanas.

5.1.3.3.2. Resultados del análisis



La vulnerabilidad social ante tsunamis es la misma que para el fenómeno de sismos por lo que no se describe en este apartado. Para conocer a detalle los resultados es necesario remitirse al apartado “Índice de vulnerabilidad social ante sismos” subapartado “Resultados del análisis”.

5.1.3.3.3. Ponderación de la vulnerabilidad social

La vulnerabilidad social para todos los agentes perturbadores que se analizan en el presente documento fue determinada empleando el mismo modelo que para el fenómeno de sismos, por lo que para conocer a detalle la metodología empleada para la ponderación de este índice es necesario remitirse al apartado “Índice de vulnerabilidad social ante sismos” subapartado “Ponderación de la vulnerabilidad social”.

5.1.3.3.4. Vulnerabilidad social ante tsunamis

Los resultados de la vulnerabilidad social corresponden a los puntualizados en el “Índice de vulnerabilidad social ante sismos” por lo que no se describen en este apartado. Para conocer a detalle la vulnerabilidad social en el municipio de Playas de Rosarito es necesario remitirse a la “Vulnerabilidad social” del apartado antes mencionado.

5.1.4. Inestabilidad de laderas

Uno de los peligros naturales más destructivos del planeta es la inestabilidad de laderas, lo que representa una amenaza para la vida y bienes de la población. Cada año estos fenómenos perturbadores generan víctimas, heridos, damnificados y cuantiosas pérdidas económicas. Los países de escasos recursos tienen un alto grado de vulnerabilidad, por lo que el impacto de estos fenómenos es de mayor magnitud en ellos. Existen tres tipos de inestabilidad en laderas, deslizamientos, caídos y derrumbes y flujos (CENAPRED, 2008).

Si bien la inestabilidad de laderas es un fenómeno que ocurre principalmente en zonas montañosas donde la superficie del terreno presenta diversos grados de inclinación, también se puede presentar en paredes o taludes de excavaciones, de terraplenes, de cortinas de presas, en el lecho marino y en zonas de agrietamiento. El peligro por inestabilidad de laderas ocurre cuando se rompe o se pierde el equilibrio de una porción de los materiales que componen una ladera o talud y se deslizan ladera abajo por acción de la fuerza de gravedad.



De acuerdo con CENAPRED (2001), una ladera es una superficie inclinada del terreno o un declive propio de las montañas, los cerros, lomas, entre otros, que también son conocidos como vertiente o falda. Existen diferentes zonas en el país en donde estas laderas presentan problemas de inestabilidad, que se refiere al debilitamiento o pérdida de equilibrio de una porción de los materiales que componen la ladera, originando que se caiga o deslice por efecto de la gravedad.

La inestabilidad de laderas puede desencadenarse por diversos factores, algunos de ellos de origen natural como precipitaciones intensas y prolongadas, sismos de gran magnitud, actividad volcánica o bien la combinación de estas, entre los de origen antropogénico destacan las excavaciones artificiales, explosiones para la construcción o minería, el debilitamiento de la capa superficial del suelo por efecto de la deforestación y la erosión. También las características geológicas y geomorfológicas del sitio juegan un papel importante como factores que dan origen a los deslizamientos, específicamente la pendiente, altura, agrietamientos, grado de alteración de la roca (CENAPRED, 2001).

La inestabilidad de laderas es uno de los fenómenos más recurrentes en el país en temporada de lluvias o cuando ocurre algún sismo, ocasionando daños materiales cuantiosos, al igual que pérdidas humanas, sin embargo su estudio y difusión era mínimo hasta 2001 cuando se inicia la Estrategia Nacional de Prevención y Mitigación del Riesgo por Inestabilidad de Laderas (MILADERA).

En México, el crecimiento acelerado de las ciudades ha obligado a la población a asentarse en barrancas, cañadas, laderas de cerros y áreas de reserva ecológica consideradas como zonas con alto grado de peligro, esto aunado a los factores naturales y antropogénicos antes mencionados crea las condiciones necesarias que desencadenan los deslizamientos en laderas.

Los factores que provocan inestabilidad de laderas pueden ser externos e internos. Por su parte los factores externos producen una alta concentración de fuerzas motoras o actuantes que provocan que una ladera se vuelva inestable; por otro lado, los factores internos reducen la resistencia de los materiales, es decir, disminuyen la concentración de las fuerzas resistentes. La ladera se mantendrá estable cuando las fuerzas resistentes sean mayores que las fuerzas motoras o actuantes (CENAPRED, 2008). Los factores internos y externos pueden ser propiciados por actividades humanas, como las actividades mineras mal planeadas, la excavación en zonas no adecuadas para la construcción, procesos de deforestación, entre otras, estos modifican la geometría de las laderas y por ende provocan inestabilidad.

De acuerdo al CENAPRED las fuerzas motoras son el resultado del propio peso del material térreo que conforma el cuerpo de la ladera, más el peso de cualquier construcción que se encuentre en la parte alta de la misma, por ejemplo: casas, terraplenes para construir carreteras, entre otras. Entre los principales factores de tipo externo destacan los procesos que están relacionados con las modificaciones de la geometría de una ladera (como puede ser la erosión, socavación, incisión de un río, excavaciones artificiales, etc.), las cargas y descargas, efecto de sismos, o bien las vibraciones por explosiones o maquinaria pesada, así mismo los cambios en el régimen hidrológico como resultado de la variabilidad de la intensidad y duración de las precipitaciones.

Ahora bien, las fuerzas resistentes son el resultado de la fortaleza o resistencia característica de los materiales térreos que conforman la ladera. Los factores internos se relacionan con los materiales de los que está compuesta la ladera como textura, grado de intemperismo, características físico-químicas, entre otros, y las modificaciones que va sufriendo.

Algunos de los indicadores de inestabilidad de laderas son: el desarrollo de fisuras, grietas, abultamientos o deformaciones en la superficie del terreno, así como la formación de escarpes o escalonamientos. La presencia de árboles, cercas, postes y muros con algún grado de inclinación también indican la posibilidad de inestabilidad de una ladera. En la temporada de lluvias intensas se puede presentar una mayor infiltración, lo que provoca suelos saturados; además el desarrollo de manantiales en áreas que por lo general no son húmedas es un indicativo de que puede haber un exceso de humedad y por lo tanto inestabilidad. Estos factores permiten determinar con gran precisión el área afectada y facilitan el cálculo del volumen de material inestable (CENAPRED, 2008).



5.1.4.1. Deslizamientos

Se conoce como deslizamientos a los movimientos de una masa de materiales térreos pendiente abajo, sobre una o varias superficies de falla delimitadas por la masa estable o remanente de ladera. Tomando en consideración la forma de la superficie de falla se clasifican en rotacionales y traslacionales (CENAPRED, 2014).

- Deslizamientos rotacionales. Son aquellos que cuando se presentan, la superficie principal adopta una forma cóncava hacia arriba (forma de cuchara o concha), se puede observar un movimiento rotacional de la ladera con su centro de giro por encima de su centro de gravedad. Por lo regular estos deslizamientos ocurren en suelos arcillosos blandos, aunque también se presentan en formaciones de rocas blandas muy intemperizadas (CENAPRED, 2014).
- Deslizamientos traslacionales. En este tipo de deslizamientos la masa de suelos y/o fragmentos de rocas tiene muy poco o nada de movimiento de rotación o volteo, y se desplazan hacia afuera y hacia abajo, a lo largo de una superficie de falla más o menos plana.

5.1.4.1.1. Índice de peligro por deslizamientos

5.1.4.1.1.1. Metodología y memoria de cálculo para la determinación del peligro por deslizamiento

Los deslizamientos son uno de los fenómenos geológicos que pueden llegar a afectar gravemente a la población y sus bienes, de ahí que el conocer la posibilidad de que se presenten en el municipio es de vital importancia. Para esto, se calculó el índice de peligro del fenómeno de deslizamiento para el municipio. El índice está compuesto por factores de índole geotécnico como es tipo de suelo, tipo de roca, y tipo de vegetación y usos de suelo; contempla elementos topográficos e históricos, que son la pendiente y antecedentes históricos, además se emplearon como factores detonantes lluvias y sismos. Los indicadores reflejan las condiciones y características del terreno en el municipio, los cuales propician o inhiben los problemas de inestabilidad de la ladera. Para la selección de estos indicadores se consideró su importancia y la relación que tienen con el tipo de fenómeno que se evaluó, en este caso el deslizamiento de laderas.

Tabla V.42. Indicadores del índice de peligro por deslizamientos y valores asignados a cada componente.

Factores geotécnicos y ambientales					Factores topográficos e históricos				Factores detonantes				
Tipo de Suelo		Tipo de Roca		Tipo de vegetación y usos de suelo		Pendiente		Antecedentes históricos		Lluvias		Sismos	
Litosol	0.5	Metamórficas	2	Agricultura de temporal	2	Más de 45°	2	No se sabe	0.3	Mayor a 45	2	1.0 a 2.9	0.5
Feozem	0.5	Sedimentarias	0.6	Asentamientos humanos	2	35° a 45°	1.8	Algunos someros	0.4	Menor o igual a 45	1	3.0 a 3.9	0.7





Fluvisol	0.5	Ígneas	0.4	Zona urbana	2	25° a 35°	1.4	Sí, incluso con fechas	0.6		4.0 a 4.9	1
Regosol	0.5			Agricultura de riego	1.5	15° a 25°	1				5.0 a 5.9	1.7
Vertisol	0.25			Pastizal inducido	1.5	Menos de 15°	0.5				6.0 a 6.9	1.9
Xerosol	0.25			Chaparral	0.8						7.0 y mayores	2
				Matorral rosetófilo costero	0.8							
				Bosque de encino	0							
				Vegetación de galería	0							
				No aplicable	0							

Las capas de información utilizadas para realizar el análisis geográfico y conocer el peligro de deslizamiento de laderas al que puede estar expuesto el municipio tuvieron un origen diferente. Para el caso del tipo de suelo la capa utilizada fue la de edafología del INEGI a escala 1: 250,000. La capa utilizada para valorar cada tipo de roca que está presente en el municipio fue la de geología del INEGI a escala 1: 250,000. La información del tipo de vegetación y uso de suelo fue obtenida de la digitalización a escala 1:10,000 de una fotografía aérea tomada en el 2010 con una resolución de 30 cm. Los datos de la pendiente fueron obtenidos a partir del Modelo Digital de Elevación, el cual fue procesado con el software ArcMap, para obtener esta información se utilizó la herramienta de análisis espacial. Las capas de lluvias para los diferentes periodos de retorno analizados fueron proporcionadas por SEDATU; la información sobre aceleración del terreno para el fenómeno detonante sismos, se generó a partir del Atlas del Estado de Baja California.

Cada una de las capas de información utilizada fue transformada a formato ráster (excepto la de pendiente que ya estaba en el formato adecuado) con un tamaño de pixel de 15x15 metros para poder hacer el análisis geográfico a través del método denominado álgebra de mapas. El tamaño de pixel fue definido de esa manera debido a que es la resolución máxima que tiene el Modelo Digital de Elevación. Las capas que integran el índice de peligro fueron sumadas junto con el factor detonante para obtener un valor final en cada uno de los pixeles que conforman la imagen, como se observa en las siguientes fórmulas:

$$IPDZ = S + R + VUS + 2P + AH + Ll$$

$$IPDZ = S + R + VUS + 2P + AH + SIS$$

Dónde:

IPDZ= Índice de peligro por deslizamiento

S= Tipo de suelo

R= Tipo de rocas

VUS= Tipo de vegetación y usos de suelo

P= Pendiente

AH= Antecedentes históricos

Ll= Lluvias

SIS= Sismos





En general, para seleccionar cada uno de los indicadores que se utilizaron en el índice de peligro por deslizamientos y los valores asignados a cada uno de los elementos de los indicadores así como las categorías, se empleó y adecuó la información que se encuentra en la Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos, para el caso de Fenómenos Geológicos (2006). La metodología que se desarrolla en el documento es de naturaleza cualitativa y empírica la cual juzga el peligro al deslizamiento.

En los siguientes apartados se describe cada uno de los factores condicionantes y detonantes empleados, sus componentes y valores asignados.

5.1.4.1.1.1. Factores geotécnicos y ambientales

Indicador tipo de suelo (S)

Los procesos de deslizamientos de laderas y flujos se deben por una parte a la alteración de suelos muy sensitivos, como aquellos con sedimentos no consolidados, es por eso que el tipo de suelo es un factor geotécnico utilizado para la estimación del peligro de deslizamiento. Las características de los suelos y de las rocas que forman las laderas son variables, éstas dependen principalmente de las condiciones geológicas y climáticas de una región, y varían en el espacio y en el tiempo (CENAPRED, 2006).

Este indicador está compuesto por los tipos de suelo presentes en el municipio Playas de Rosarito, los cuales son: Litosol, Feozem, Fluvisol, Regosol, Vertisol y Xerosol, a estos se les asignó un valor de acuerdo a su tipología, es decir, dependiendo si son más propensos a que se presente un deslizamiento o no debido a sus características intrínsecas.

De los tipos de suelo presentes, se les asignó un valor mayor, es decir de 0.5, al Litosol, Feozem, Fluvisol, y Regosol puesto que son suelos compuestos por partículas granulares, que se encuentran medianamente compactados o sueltos, y que pueden reblandecerse debido a la absorción de agua. En general son suelos poco consolidados, por lo que son altamente susceptibles a deslizamiento si se encuentran en conjunto con otras condiciones que propicien dicho evento. En la Tabla V.43 se muestran los criterios específicos por los cuales se les asignó el valor correspondiente.

A los suelos de tipo Vertisol o Xerosol se les estableció un valor menor (0.25) debido a que son suelos con un alto contenido en arcilla y son más compactos, además porque debido a sus características intrínsecas son suelos que tienen poca susceptibilidad a ser erosionados por las condiciones ambientales.

Tabla V.43. Valores asignados a los tipos de suelo presentes en el municipio de acuerdo a sus características.

Tipo de Suelo		Justificación para su valoración	Características generales
Tipo	Valor		
Litosol	0.5	Debido a que los litosoles presentan una profundidad menor de 10 cm, y está limitada por la presencia de roca, una ladera con este tipo de suelo puede llegar a tener un deslizamiento. La erosión en este tipo de suelo es variable, depende del tipo de vegetación que en él se desarrolle.	Son suelos granulares medianamente compactos a sueltos. Suelos que se reblandecen con la absorción de agua. Son formaciones poco consolidadas.
Feozem	0.5	Una de las características de este tipo de suelo es su fácil erosión, por lo que si se presentan las condiciones propicias, una ladera con este tipo de suelo puede llegar a tener un deslizamiento.	

Tipo de Suelo		Justificación para su valoración	Características generales
Tipo	Valor		
Fluvisol	0.5	Este tipo de suelo es muy poco desarrollado, medianamente profundo y generalmente tiene una estructura débil o suelta. Condiciones que son propicias para el deslizamiento de laderas.	Suelos arcillosos consistentes o arenos limosos compactos.
Regosol	0.5	Ya que este tipo de suelo con frecuencia es somero, es propenso a presentar eventos de deslizamiento.	
Vertisol	0.25	Este tipo de suelo tiene un alto contenido de arcilla y tienen baja susceptibilidad a la erosión.	
Xerosol	0.25	Es un tipo de suelo con una capa de materia orgánica superficial, y debajo de ésta hay un suelo rico en arcillas. Son suelos con poca susceptibilidad a la erosión.	

Indicador tipo de roca (R)

En este estudio se hace una aproximación que permite de manera general conocer la inestabilidad que se presenta en el municipio de acuerdo al tipo de roca que está presente, pues los deslizamientos no sólo ocurren en suelos residuales, sino también en formaciones rocosas. Cada formación geológica posee una susceptibilidad específica ante este fenómeno. De acuerdo a la Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos, para el caso de Fenómenos Geológicos (2006), en la estimación del peligro por deslizamiento se sugiere considerar los tipos de roca ígneas, sedimentarias y metamórficas; cada tipo de roca con un valor asignado de 0.4, 0.6 y 2 respectivamente (Tabla V.44).

Las rocas ígneas que se presentan en el territorio por lo regular se depositan donde los materiales expulsados se han almacenado en estado muy suelto con pendientes o echados paralelos a los taludes entonces existentes, atendiendo a la geomorfología que guardaban las laderas en sus etapas tempranas. Ello propicia que los materiales sean especialmente susceptibles a deslizarse ante perturbaciones externas como lluvias o sismos. Sin embargo las rocas ígneas intrusivas son muy duras y densas debido a su proceso de formación, y tienen una resistencia al cortante muy alta, por lo que el comportamiento de las rocas ígneas sanas o no meteorizadas en los taludes es controlado por su estructura. Acorde a la metodología propuesta por el CENAPRED, en el análisis de este fenómeno se asignó un valor de 0.4 cuando se presenta este tipo de roca en el territorio.

De acuerdo a las propiedades ingenieriles de las rocas sedimentarias, por lo general forman taludes estables, sin embargo pueden formarse fracturas paralelas al talud que generen planchones, en especial en areniscas masivas. Cuando este tipo de rocas se presenta en climas secos se produce una costra de mayor dureza, que puede ser malinterpretada como la resistencia de la roca. Uno de los principales problemas en este tipo de rocas es el desgaste o deterioro cuando es expuesta a condiciones ambientales, este desgaste se manifiesta mediante agrietamientos y a veces hinchamientos especialmente con la presencia de agua. Cuando las rocas son fisibles las láminas se abren, cuando no lo son se forman nuevas grietas que al intersectarse se parten en pedazos menores. Por las características de estas rocas se asignó un valor de 0.6 ante un fenómeno de deslizamiento.

Las zonas de alta inestabilidad en las laderas coinciden en general con la presencia de rocas metamórficas. Los planos de esquistosidad de estas rocas son favorables a deslizamientos traslacionales. En zonas donde se presenta un alto grado de fracturamiento en la roca se favorece la caída de las mismas y su deslizamiento. Cuando este tipo de roca es meteorizada, el grado de meteorización, se ve reflejado en suelos arcillosos residuales generalmente en abrupto contacto con la roca relativamente fresca. La meteorización tiende a separar los planos de foliación, los que pueden rellenarse con arcillas, disminuyendo la resistencia de la roca. Estos suelos son fácilmente erodables. Si este tipo de suelo tiene contacto abrupto con la roca, y posee una pendiente pronunciada, se presentan condiciones favorables para que se produzcan deslizamientos traslacionales; al igual que el



caso de las fracturas y esquistocidades, la orientación de las fallas puede ser propicio para que se presente inestabilidad de laderas (Oporto, 2006). De acuerdo a las características de este tipo de roca y su relación con los deslizamientos se le otorgó un valor de 2.

Tabla V.44. Valores asignados a cada tipo de roca de acuerdo a su origen.

Tipo de Roca	Valor	Justificación
Ígneas	0.4	Las rocas ígneas intrusivas son muy duras y densas debido a su proceso de formación y tienen una resistencia al cortante muy alta. El comportamiento de las rocas ígneas sanas o no meteorizadas en los taludes es controlado por su estructura.
Sedimentarias	0.6	Este tipo de rocas forman taludes estables, sin embargo pueden formarse fracturas que estén paralelas al talud que generen planchones, en especial en areniscas masivas.
Metamórficas	2	En general zonas o laderas con alta inestabilidad coinciden con la presencia de rocas metamórficas. Los planos de esquistosidad de estas rocas son favorables a deslizamiento traslacionales.

Indicador tipo de vegetación y usos de suelo (VUS)

La vegetación es un parámetro importante en la estabilización de una ladera. Cumple un efecto positivo, debido a que evita problemas de erosión, reptación y fallas superficiales. Las dos principales funciones de la vegetación en la estabilización de una ladera son, por una parte, que determina el contenido de agua en la superficie, pues tiene un efecto directo sobre el régimen de aguas subterráneas y actúa como secador del suelo al tomar el agua que requiere para vivir. Por otra parte la vegetación da consistencia al suelo debido al entramado mecánico de sus raíces y evita que se erosione (Suárez, 1998).

La vegetación con mayor densidad de follaje amortigua más eficientemente el golpe de la lluvia y disminuye la erosión del suelo, por lo que el tipo de vegetación de bosque de encino y galería actúa positivamente evitando en alguna medida el deslizamiento de laderas. Por lo anterior se asignó un valor de 0 a este tipo de vegetación (Tabla V.45).

En hierbas y pastos la densidad y volumen del follaje actúan como un colchón protector contra los efectos erosivos del agua de escorrentía. Sin embargo, su follaje y tamaño de raíces no son tan grandes como en el caso anterior, pues en lo referente al control de la erosión, donde hay árboles altos la erosión es menor que en el caso de arbustos. Ya que el chaparral y el matorral rosetófilo costero son un tipo de vegetación por lo general

arbustiva o con árboles no tan altos la posibilidad de que se genere un deslizamiento es mayor que cuando la vegetación es más densa. Dadas las características de este tipo de vegetación, se asignó un valor de 0.8 (Tabla V.45).

En el caso de la agricultura de riego y pastizal inducido, se asignó un valor de 1.5 debido a que se sabe que las hierbas o maleza protegen generalmente mejor contra la erosión que los pastos, pero no en la medida en la que lo hacen los tipos de vegetación mencionados anteriormente. Por lo general la profundidad de refuerzo por sus raíces es muy pequeña, aproximadamente 20 cm, por lo que las raíces no se pueden anclar a la roca subyacente y de esa manera fijar el suelo (Tabla V.45).

Se asignó el valor más alto (valor 2) a la agricultura de temporal, asentamientos humanos y a la zona urbana (Tabla V.45) ya que en las zonas usadas para agricultura de temporal la vegetación está ausente la mayor parte del año, por lo que no existen mecanismos que permitan que el suelo sea anclado y que se evite la erosión. Por otra parte en zonas donde hay asentamientos humanos y zona urbana prácticamente la vegetación es nula, aumentando las posibilidades de deslizamiento debido a la ausencia de estructuras vegetales que otorguen estabilidad al suelo.

Tabla V.45. Valores asignados a cada tipo de vegetación y uso de suelo en el municipio.

Vegetación y uso de suelo	Valor	Justificación
No aplicable	0	No se encuentra información de vegetación y usos de suelo en las zonas que están marcadas con este tipo.
Bosque de encino	0	Las características de este tipo de vegetación permiten el control de deslizamientos de laderas pues reduce la erosión del suelo. La vegetación con mayor densidad de follaje amortigua eficientemente el golpe de la lluvia por lo que disminuye la erosión. Debido a que tienen una estructura radicular más desarrollada que los otros tipos de vegetación, se consideró otorgarle un valor de cero pues las raíces aumentan la cohesión del suelo.
Vegetación de galería	0	
Chaparral	0.8	Debido a que este tipo de vegetación es arbustiva o con árboles no tan altos, la probabilidad de que se presente un deslizamiento es mayor que en vegetación más densa.
Matorral rosetófilo costero	0.8	
Agricultura de riego	1.5	Por lo general la profundidad de refuerzo por sus raíces de este tipo de vegetación es muy pequeña, aproximadamente 20 cm, por lo que las raíces no se pueden anclar a la roca subyacente.
Pastizal inducido	1.5	
Agricultura de temporal	2	En este tipo de vegetación y uso de suelo, la ausencia de estructuras vegetales provoca que no exista cohesión en el suelo. Se sabe que en los terrenos con agricultura de temporal la mayor parte del año la vegetación es nula, y por supuesto en zonas donde hay asentamientos humanos y zona urbana desarrollada.
Asentamientos humanos	2	
Zona urbana	2	



5.1.4.1.1.2. Factores topográficos e históricos

Indicador pendiente (P)

En los fenómenos de deslizamiento de laderas la pendiente es uno de los factores topográficos utilizados para estimar el peligro. En términos generales, la pendiente es la medida de la inclinación de un talud o ladera, que puede estar medido en grados, en porcentaje o en relación m/l donde m es la distancia horizontal que corresponde a una unidad de distancia vertical.

Para determinar el grado de peligro que se presenta en el municipio de acuerdo al tipo de pendiente que está en el terreno se consideró hacer cinco clases de acuerdo a la metodología propuesta por CENAPRED. Las clases consideradas fueron: laderas con pendientes mayores a 45°, las que van de 35° a 45°, de 25° a 35°, de 15° a 25°, y laderas con pendientes menores a 15°.

Se consideró que una ladera con pendiente menor a 15° tendrá una menor probabilidad de que se presente un deslizamiento, por lo que a esta clase le fue asignado un valor de 0.5; el intervalo que contempla valores de 15° a 25° tiene un valor de 1, los valores 1.4 y 1.8 fueron designados a las clases que van de 25° a 35° y 35° a 45° respectivamente, mientras que el valor más alto que es 2, se estableció para las laderas con pendiente mayor a 45°. La lógica para esta asignación es que las pendientes que presentan mayor inclinación son proclives a deslizamientos (Tabla V.46).

Tabla V.46. Valores asignados a las categorías de la pendiente que se presenta en el área de estudio.

Pendiente	Valor	Justificación
Más de 45°	2	Las laderas con pendientes que presentan mayor inclinación son más proclives a inestabilidad que aquellas con pendientes suaves.
35° a 45°	1.8	
25° a 35°	1.4	
15° a 25°	1	
Menos de 15°	0.5	

A este indicador se le asignó un peso mayor dentro de la fórmula final de peligro, ya que es un parámetro con alta influencia en la probabilidad de ocurrencia de fenómenos relacionados con movimiento de masas. Es así que la pendiente se consideró como un factor condicionante dos veces más importante que el resto de los factores condicionantes evaluados, por lo que el valor asignado en función de la pendiente de la ladera fue multiplicado por dos para obtener el resultado final, como se mostró anteriormente en la fórmula del índice de peligro.

Indicador antecedentes históricos (AH)

Adicional a los valores geotécnicos y topográficos resulta importante tomar en consideración los datos históricos de los diferentes eventos sucedidos en el pasado, lo que permite tener un panorama general de la recurrencia de los mismos, las causas que los desencadenan, identificar las zonas susceptibles, así como los daños que estos ocasionaron.

Es así que se realizó un taller de trabajo con actores clave que están directamente involucrados con los temas de fenómenos perturbadores que pueden afectar al municipio (dependencias gubernamentales y/o privadas), así como con personas de la sociedad civil que pudieran ser afectados en caso de presentarse un desastre. El taller tuvo como objetivo identificar los sitios específicos en donde los residentes del municipio conocen y/o han presenciado la existencia de algún fenómeno perturbador (Consultar los Anexos la y lb para conocer a detalle el trabajo realizado durante el taller y los resultados obtenidos).



Después de haber analizado la información recabada en el taller, se hicieron recorridos en campo para complementar la información de las diferentes zonas identificadas, con esto se obtuvieron evidencias de la presencia de factores que desencadenan fenómenos como deslizamientos. De igual manera se recabó información del archivo histórico de Tijuana de periódicos correspondientes a los últimos 20 años sobre los eventos sucedidos en Rosarito cuando éste aun formaba parte del municipio de Tijuana, además se realizó una consulta de años recientes en los periódicos de circulación regional. Por otro lado se tomaron en consideración los Censos de viviendas en zonas de riesgo de Protección Civil, así como evidencia fotográfica proporcionada por el extitular de Protección Civil del Ayuntamiento de Playas de Rosarito.

La búsqueda y consulta de evidencias de los fenómenos naturales sólo arrojaron información sobre tres fenómenos que se dan de manera repetida, lo que permitió identificar zonas en donde han ocurrido deslizamientos, inundaciones y sismos principalmente.

Las evidencias históricas son datos puntuales tomados en cuenta para evaluar el peligro, para ello se digitalizaron polígonos en las áreas de influencia del punto identificado. Los criterios para la digitalización fueron la geomorfología del municipio por medio de una representación “3D” del terreno, en conjunto con las curvas de nivel cada 10 m, sin embargo en zonas en donde no se apreció con mucho detalle la geoforma, se optó por crear una delimitación por colonia. El indicador de antecedentes históricos contempla valores de acuerdo a la metodología de CENAPRED (2006), es decir, se asignó un valor de 0.3 si se desconoce la presencia de deslizamientos, 0.4 si de acuerdo a los registros e información proporcionada en el taller los lugareños conocen de la existencia de deslizamientos pero de manera somera y finalmente si se sabe con exactitud los sitios, fechas en que ocurrió y daños ocasionados se otorgó un valor de 0.6 (Tabla V.47).

Las evidencias históricas nos indican zonas que son propensas a sufrir algún daño resultante de un fenómeno perturbador, además muestra que estas zonas tienen alta probabilidad de que los daños y condiciones que se presentaron anteriormente se pudieran generar una vez más en el futuro.

Tabla V.47. Valores asignados a las categorías de antecedentes históricos.

Antecedentes históricos	Valor
No sabe	0.3
Algunos someros	0.4
Sí, incluso con fechas	0.6

5.1.4.1.1.3. Factores detonantes

En los fenómenos de movimiento de masas pueden existir diversos mecanismos desencadenantes entre los que destacan la presencia de lluvias de gran intensidad y corta duración y los sismos. Los deslizamientos causados por cuestiones climáticas son los más comunes, puesto que lluvias intensas pueden provocar deslizamientos y en días posteriores al estar saturados los suelos la presencia de lluvias ligeras o moderadas puede reactivar el movimiento de masas. En la determinación del peligro por deslizamiento se tomaron en consideración como factores detonantes los sismos con periodo de retorno de 50 años y una probabilidad de excedencia de 2%, información generada a partir del Atlas del Estado de Baja California, y lluvias con periodos de retorno de 2, 20, 50 y 100 años proporcionados por SEDATU.





Lluvias extremas (LI)

Las lluvias son uno de los factores externos detonantes de los movimientos de masa, puesto que pueden causar la disolución de cementantes y rotura de capilaridad, conjuntamente influye directamente en factores condicionantes como la meteorización y el nivel de agua subterránea. Cuando se registran precipitaciones, el terreno absorbe el agua incrementando su peso volumétrico lo que aumenta los esfuerzos actuantes en una ladera (Cuenalo et al. 2011). Cuando la precipitación cae sobre una ladera, una porción de ella se acumula en depresiones para después infiltrarse, otra es absorbida por la vegetación, el resto se filtra en el suelo; este proceso de infiltración continua aun cuando la lluvia ha cesado lo que en un momento dado genera condiciones críticas ya que la humedad del suelo y el nivel freático aumentan, alcanzando los umbrales de inestabilidad que detonan el movimiento de la ladera o de una parte de ella (González, 1990 en Alzate et al. 2012).

Los umbrales de la precipitación en los cuales puede ocurrir inestabilidad de laderas en el municipio de Playas de Rosarito fueron definidos tomando como punto de partida los establecidos por García y colaboradores en 1999 para la ciudad de Tijuana debido a la cercanía entre estos municipios. Es así que los valores considerados son de 45 mm/día ó 16 mm/hora cuando el suelo no está saturado antes de que se presenten las precipitaciones; o bien con lluvias de 35 mm/día ó 12 mm/hora cuando el suelo está saturado o parcialmente saturado antes de la lluvia, de acuerdo a si la precipitación registrada supera el umbral establecido se le asignaron los valores que se muestran en la Tabla V.48.

Tabla V.48. Valores asignados de acuerdo a la precipitación.

Lluvia (mm/día)	Valor
Mayor a 45	2
Menor o igual a 45	1

Sismos (SIS)

Las vibraciones sísmicas de acuerdo a la distancia existente hacia el epicentro y la magnitud del sismo, causan fuerzas inerciales al interior del terreno, dichas fuerzas aumentan los esfuerzos cortantes actuantes en la superficie de deslizamiento provocando todo tipo de movimientos de masas (deslizamientos, caídos y derrumbes, avalanchas y flujos, entre otros), aunado a esto las características intrínsecas de la ladera como su topografía, el tipo de roca, los suelos de cobertura superficial, el nivel freático y el tipo de vegetación, favorecen la inestabilidad de la ladera (Cuanalo et al. 2011).

Este fenómeno detonador se incorporó a través de información de aceleración del terreno, en la Tabla V.49 se muestra la correspondencia de este valor con la magnitud de los sismos de acuerdo a la escala Richter y Mercalli, así como sus efectos. Los sismos con escalas de intensidad de IV en la escala de Mercalli producen daños desde ligeros en construcciones fuertes hasta considerables en estructuras débiles, es así que de acuerdo a los daños provocados por un sismo en función de su magnitud y aceleración del terreno se le asignaron los valores más altos a los de magnitudes que producen daños considerables (magnitudes mayores a 5.0 y aceleraciones entre 0.092 a 0.34).

Tabla V.49. Valores asignados de acuerdo a la magnitud y aceleración de los sismos.

Fuente: CENAPRED, 2001.

Richter	Mercalli	Aceleración	Efectos	Valor
---------	----------	-------------	---------	-------





1 a 2.9	I	<0.0017	No es sentido, excepto por algunas personas bajo circunstancias especialmente favorables.	0.5
3 a 3.9	II y III	0.0017 a 0.014	Sentido sólo por muy pocas personas en posición de descanso, especialmente en los pisos altos de los edificios a sentido muy claramente en interiores, especialmente en pisos altos de los edificios, aunque mucha gente no lo reconoce como un terremoto.	0.7
4 a 4.9	IV a V	0.014 a 0.092	Sentido durante el día en interiores por muchos, al aire libre por algunos a sentido por casi todos, grietas en el revestimiento en algunos sitios, algunas veces se aprecia balanceo de árboles, postes y otros objetos altos.	1
5 a 5.9	VI a VII	0.092 a 0.34	Sentido por todos, algunos casos de caída de revestimientos, daño leve a daño insignificante en edificios de buen diseño y construcción; leve a moderado en estructuras comunes bien construidas; considerable en estructuras pobremente construidas o mal diseñadas.	1.7
6 a 6.9	VIII a IX	0.34 a 1.24	Daño leve en estructuras diseñadas especialmente para resistir sismos; considerable, en edificios comunes bien construidos, llegando hasta colapso parcial; grande, en estructuras de construcción pobre; los muros de relleno se separan de la estructura; ocurren caídas de postes, monumentos y paredes. Daño considerable en estructuras de diseño especial; estructuras bien diseñadas pierden la vertical; daño mayor en edificios sólidos, colapso parcial; edificios desplazados de los cimientos; grietas visibles en el suelo y tuberías subterráneas rotas.	1.9
7.0 y mayores	Mayores a IX	>1.24	Algunas estructuras bien construidas en madera, destruidas; la mayoría de estructuras de mampostería y marcos destruidas incluyendo sus cimientos; suelo muy agrietado. Corrimientos de tierra considerables en las orillas de los ríos y en laderas escarpadas. Pocas o ninguna obra de albañilería queda en pie; puentes destruidos; anchas grietas en el suelo. La tierra se hunde y el suelo se desliza en terrenos blandos. Destrucción total, se ven ondas sobre la superficie del suelo.	2

5.1.4.1.1.2. Resultados del análisis

Deslizamientos por lluvias con periodos de retorno de 2 años

En el análisis realizado en el municipio del fenómeno de deslizamientos con precipitaciones abajo del valor umbral y un período de retorno de 2 años como factor detonante se tiene que del 100% de la población que reside en las manzanas urbanas el 53.94% (41,050 habitantes) se ubica en zonas donde el peligro por este fenómeno es bajo, el 45.47% (34,605 habitantes) en zonas con peligro medio, el 0.48% (365 habitantes) en zonas con peligro alto y 0.10% (77 habitantes) en zonas con peligro muy bajo por deslizamiento (Tabla V.50).

Tabla V.50. Población del municipio Playas de Rosarito ubicada en zonas en alguna categoría de peligro por deslizamiento con lluvias para periodos de retorno de 2 años.





Peligro	Población	%	Manzanas	%
Muy alto	0	0.00	4	0.20
Alto	365	0.48	8	0.39
Medio	34,605	45.47	957	47.03
Bajo	41,050	53.94	1,062	52.19
Muy bajo	77	0.10	4	0.20
Total	76,097	100.00	2,035	100.00

Deslizamientos por lluvias con periodos de retorno de 5 a 100 años

En el análisis del fenómeno de deslizamiento con precipitaciones arriba del valor umbral y períodos de retorno de 5, 20, 50 y 100 años se tiene que del 100% de la población el 53.94% (41,050 habitantes) se ubica en zonas donde el peligro por deslizamiento es medio, el 45.62% (34,713 habitantes) en zonas donde el peligro es alto, 0.34% (257 habitantes) en zonas con peligro muy alto y 0.10% (77 habitantes) en zonas con peligro bajo (Tabla V.51). Es de destacarse que existe un porcentaje elevado de la población que habita en zonas con peligro alto.

Tabla V.51. Población del municipio Playas de Rosarito ubicada en zonas en alguna categoría de peligro por deslizamiento con lluvias para periodos de retorno de 5, 20, 50 y 100 años.

Peligro	Población	%	Manzanas	%
Muy alto	257	0.34	4	0.20
Alto	34,713	45.62	965	47.42
Medio	41,050	53.94	1,062	52.19
Bajo	77	0.10	4	0.20
Muy bajo	0	0.00	0	0.00
Total	76,097	100.00	2,035	100

Deslizamientos por sismos con periodos de retorno de 50 años

En el análisis realizado del fenómeno de deslizamientos con sismos con un periodo de retorno de 50 años y una probabilidad de excedencia del 2% como factor detonante, se tiene que del 100% de la población el 88.39% (67,260 habitantes) se ubica en zonas donde el peligro por deslizamiento es medio, el 11.07% (8,425 habitantes) en zonas con peligro alto y 0.15% (113 habitantes) en zonas con peligro bajo (Tabla V.52). La población representada hace referencia a aquella que habita en manzanas ubicadas en zonas urbanas.

Tabla V.52. Población del municipio Playas de Rosarito ubicada en zonas en alguna categoría de peligro por deslizamiento con sismos.

Peligro	Población	%	Manzanas	%
Muy alto	299	0.39	9	0.44
Alto	8,425	11.07	171	8.40
Medio	67,260	88.39	1,850	90.91





Bajo	113	0.15	5	0.25
Muy bajo	0	0.00	0	0.00
Total	76,097	100.00	2,035	100.00

5.1.4.1.1.3. Ponderación del peligro

Los valores de peligro fueron categorizados en cinco niveles los cuales son: muy alto si el valor final obtenido en el pixel era mayor a 6.93, alto si el valor se encontraba entre 5.9 y 6.93, medio para valores entre 4.86 y 5.89, bajo entre 3.4 y 4.85 y muy bajo si el valor está entre 0 y 3.39 (Tabla V.53). Los rangos de los valores de peligro fueron establecidos y adecuados conforme a la metodología del CENAPRED.

Tabla V.53. Categorías del peligro por deslizamientos.

Categoría	Valor
Muy alto	Más de 6.93
Alto	5.90 a 6.93
Medio	4.86 a 5.89
Bajo	3.40 a 4.85
Muy bajo	0 a 3.39

5.1.4.1.1.4. Peligro por deslizamientos

En el análisis de inestabilidad de laderas como se indicó en el apartado de metodología y memoria de cálculo se asignaron dos valores al factor detonante de lluvias para evaluar su efecto en estos fenómenos. Es así que se asignó el valor 1 a lluvias que estuvieran en el umbral o debajo de él, es decir 45 mm por día, y un valor de 2 a lluvias por encima del valor umbral. Por lo anterior los deslizamientos, caídos y derrumbes al igual que flujos con el factor detonante de lluvia ya sea para periodo de retorno de 5, 20, 50 o 100 años son mostrados en un mismo mapa dado que en el análisis realizado las lluvias con estos periodos de retorno sobrepasan el valor umbral de 45 mm por día, por lo que el resultado sería el mismo en todos los casos por ello se consideró que no es necesario mostrar mapas que reflejaran la misma información.

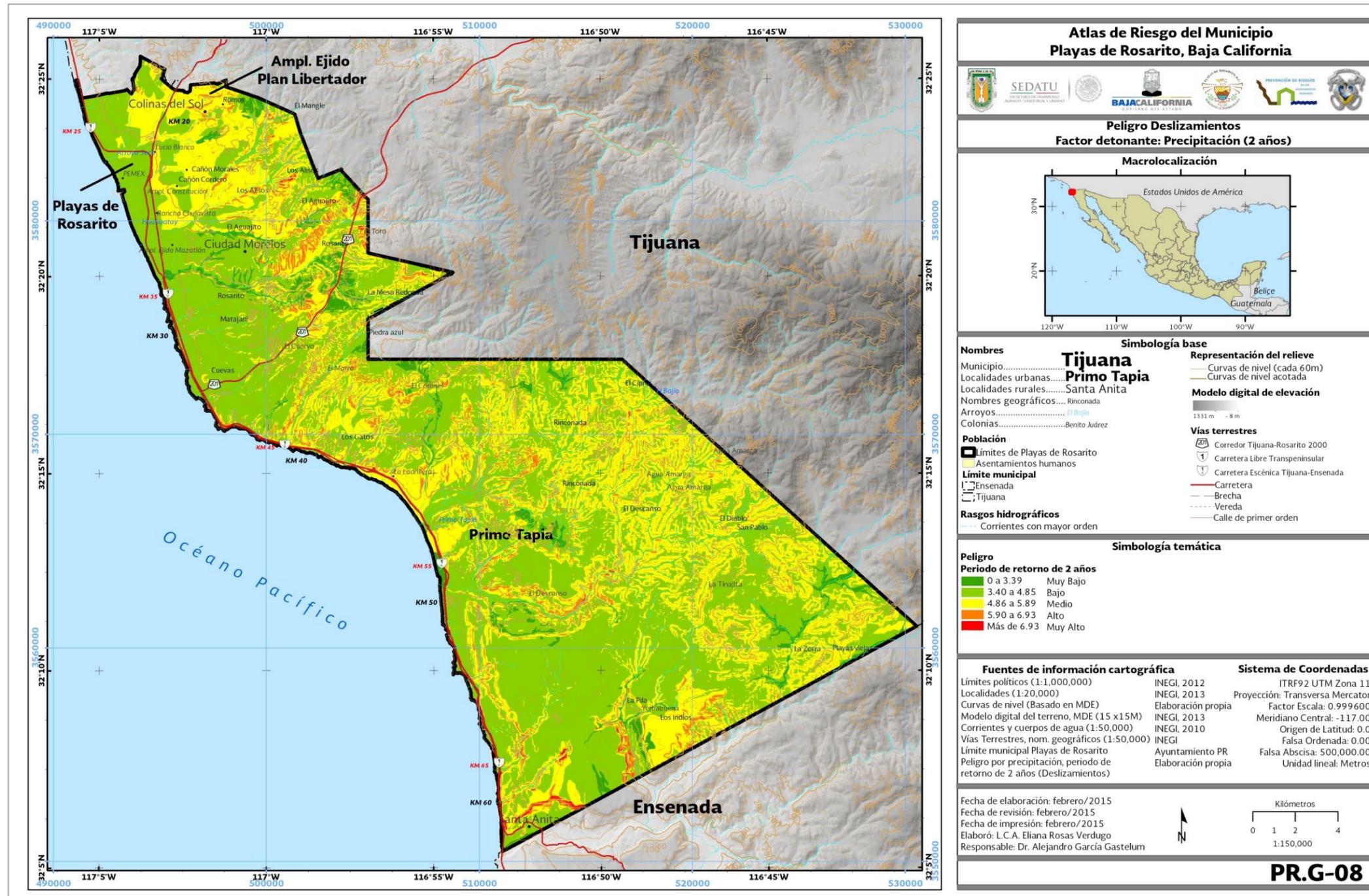


Figura V.11. Índice de peligro por deslizamiento, factor detonante lluvias para un periodo de retorno de dos años.

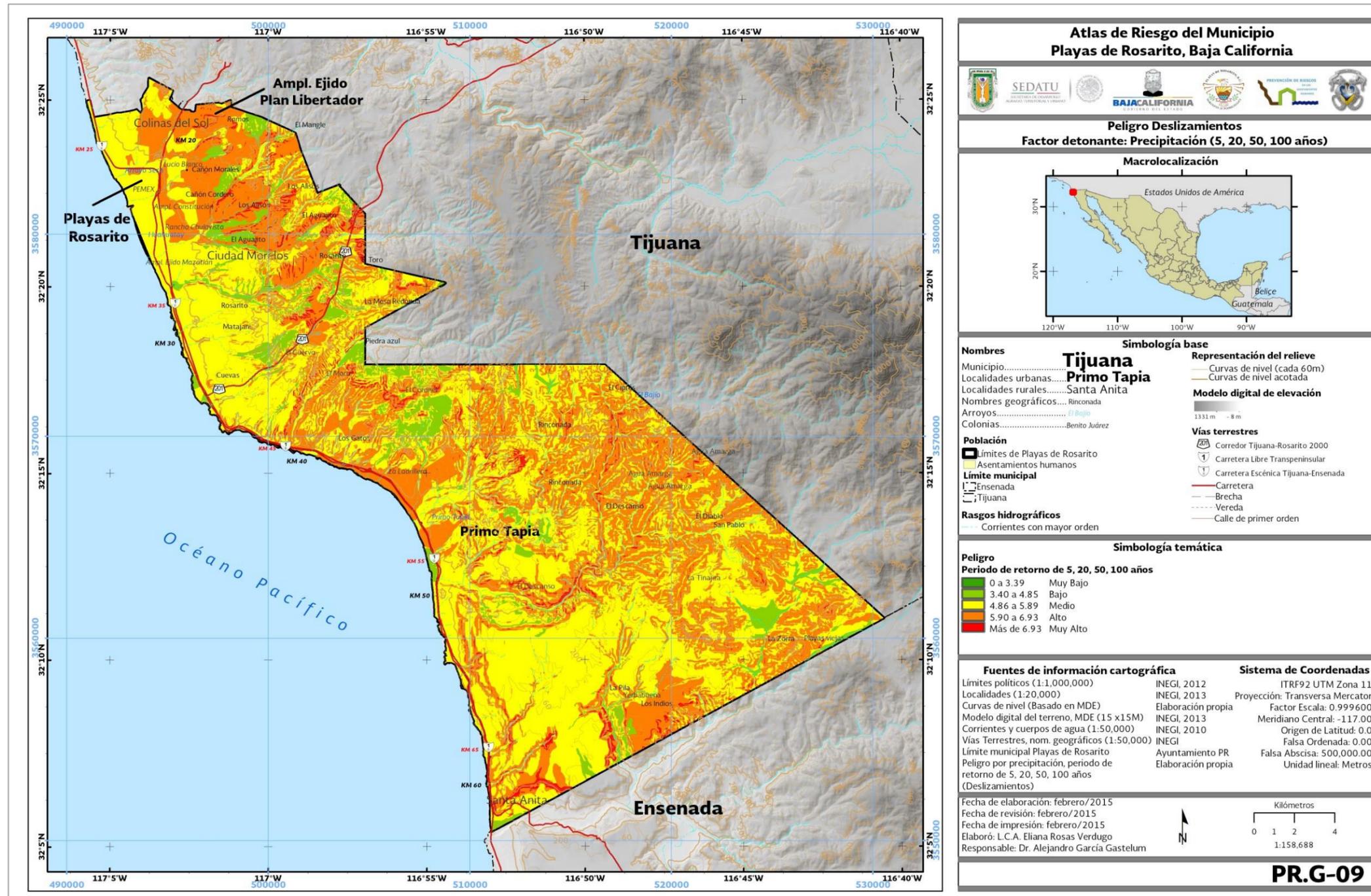


Figura V.12. Índice de peligro por deslizamientos, factor detonante lluvias para periodos de retorno de 5, 20, 50 y 100 años.

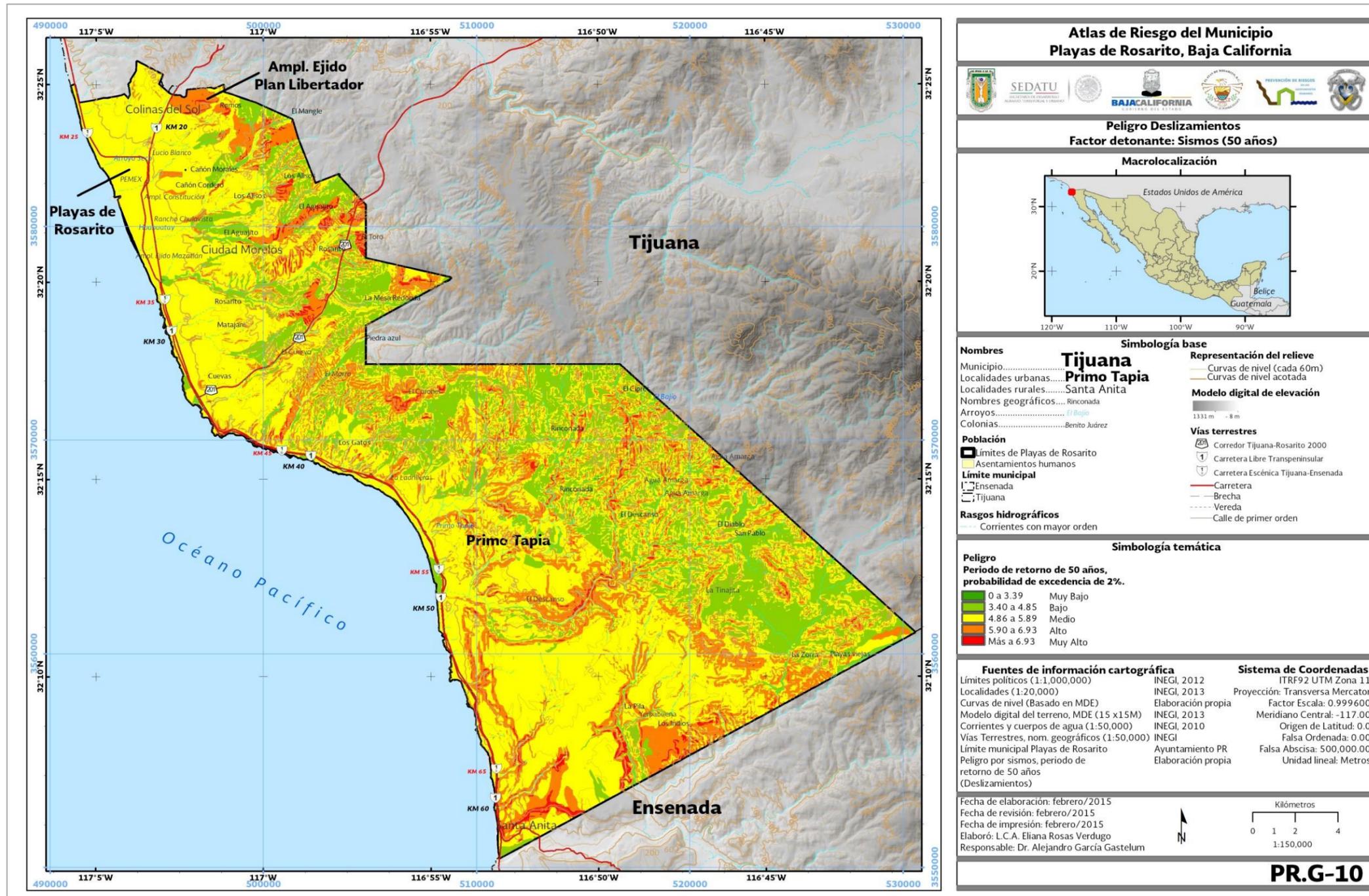


Figura V.13. Índice de peligro por deslizamientos, factor detonante sismos para un periodo de retorno de 50 años.



En el municipio de acuerdo a la determinación del peligro por deslizamiento con el factor detonante de lluvias para un periodo de retorno de dos años resaltan valores bajos, seguido de medios, en las zonas de los cañones y arroyos se observa primordialmente un peligro alto y en porciones mínimas muy alto, en este caso las lluvias no sobrepasan el umbral de precipitación considerada para el municipio (45 mm/día) en ninguna porción del mismo. En la porción norte del lado del Pacífico predomina un peligro bajo desde Baja Malibú hasta Vista Calafia, en el extremo norte que colinda con el municipio de Tijuana el peligro es medio principalmente; al sur predominan valores medios y bajos, estos últimos se concentran en la zona suroeste entre El Descanso y el límite municipal (Figura V.11).

Cuando el análisis se realiza considerando lluvias con un periodo de retorno de 5, 20, 50 y 100 años el panorama cambia de manera que los valores que despuntan ahora son medios y altos, existen zonas de menor extensión con valores bajos y muy altos en este caso la precipitación sobrepasa en la totalidad del municipio el umbral de precipitación, alcanzando entre 50 y 60 mm por día lo que provoca que los valores aumenten en comparación con la precipitación con periodo de retorno de dos años. En este caso en el segmento noroeste el peligro es medio desde Baja Malibú hasta Vista Calafia y al noreste los valores son altos intercalados con partes con peligro bajo, medio y en porciones mínimas con muy alto; al sur sobresalen los valores altos y medios, estos últimos centralizados en la porción suroeste entre El Descanso y la demarcación del municipio (Figura V.12).

Los sismos en el municipio se encuentran de acuerdo a la escala Richter entre los 5 y 6.9° considerando un periodo de retorno de 50 años y una probabilidad de excedencia del 2%. En la región norte y sureste del municipio en que la aceleración del terreno dio como resultado un valor alto se concentran las localidades con un peligro medio, mientras que en la porción con aceleración del terreno media y pendiente poco pronunciada, es decir la suroeste, el peligro adquiere niveles bajos, en los casos en donde la aceleración es media pero la pendiente es abrupta, como la topografía es una condicionante importante cuando se trata de deslizamientos el peligro cambia a valores altos (Figura V.13).

En general las zonas con valores entre muy alto y alto corresponden principalmente a cañones que son zonas con pendientes pronunciadas en donde se encuentran los cauces de distintos arroyos. En el caso particular del cañón Morales y Cordero se observa que el peligro por deslizamiento es medio sólo cuando las lluvias que se presenten no excedan los 45 mm por día, si las lluvias son mayores o se registrara un sismo el peligro sube a nivel alto en estas zonas la evidencia histórica muestra que es un lugar que ha presentado deslizamientos asociados a eventos de lluvias. Como se muestra en los mapas el nivel de peligro mayor en la totalidad del municipio se presenta con el factor detonante de lluvias cuando estas exceden el umbral de 45 mm por día, es decir en periodos de retorno de 5, 20, 50 y 100 años.

La localidad urbana de Playas de Rosarito resultó con peligro bajo en caso de lluvias que no sobrepasan los 45 mm por día debido a que la pendiente en este sitio es baja (menor a 25°) y que ésta fue considerada como uno de los factores con mayor peso dentro de los condicionantes de la inestabilidad de laderas (Figura V.11), cuando este valor de precipitación es sobrepasado o cuando se analiza con el factor detonante de sismos esta zona presenta un peligro medio (Figura V.12, Figura V.13); las rocas de la zona son sedimentarias específicamente areniscas, en el uso de suelo predominan los asentamientos humanos, sin embargo la pendiente y otros factores como el tipo de roca disminuyen los valores que hacen que el peligro aumente. En lo que respecta a la localidad urbana de Primo Tapia el índice de peligro es medio para el factor detonante de lluvias con periodo de retorno de dos años y sismos para 50 años con probabilidad de excedencia del 2%, por presentarse un suelo de tipo vertisol que es un suelo consistente, rocas sedimentarias que si bien forman taludes estables pueden presentarse fracturas, el tipo de vegetación en la zona es pastizal.

En Ampliación Ejido Plan Libertador el peligro por deslizamientos es principalmente medio excepto con lluvias para periodo de retorno de 5 a 100 años. Las características de esta zona son que el uso de suelo y vegetación predominante corresponde a asentamientos humanos y pastizal inducido, particularidades que agregan un valor alto al momento de evaluar el peligro pues como se explicó en el apartado de metodología y memoria de cálculo para la determinación del peligro por deslizamiento este tipo de suelo es más susceptible a la ocurrencia de deslizamientos ya el tipo de vegetación no proporciona soporte al terreno, sin embargo las rocas que se encuentran representadas en la zona son sedimentarias, que no tienen un valor alto en el índice. Finalmente, las pendientes en la zona por lo general están por debajo de los 15°, por lo que el valor que se agrega al índice de peligro por deslizamiento es el menor en el indicador de pendiente, sin embargo las zonas en las que el peligro por deslizamiento es alto coinciden con pendientes más pronunciadas, entre 25° y 35°, por lo que en estos casos es un factor importante de deslizamientos en la localidad aunado a la evidencia histórica que demuestra la existencia de deslizamientos en años anteriores.

La zona cercana a la colonia Ramos en el Ejido Ampliación Plan Libertador, hacia el noreste de la colonia Lucio Blanco en el fraccionamiento Villa Bonita, sobre el arroyo Aguajito y las ramificaciones del arroyo Rosarito, en las cercanías del cerro El Coronel, en la cañada Rinconada las ramificaciones de la porción noreste y cercanas a la localidad urbana de Primo Tapia, en la zona de El Descanso, en las inmediaciones de los arroyos La Pila y Yerbabuena, finalmente en la zona limítrofe del municipio en la porción del arroyo La Misión que se ubica en Playas de Rosarito presentan un peligro muy bajo cuando se evalúa con lluvias con un periodo de retorno de dos

años (Figura V.11), esto se puede atribuir a la vegetación de tipo galería la cual disminuye la erosión del terreno, las rocas de tipo ígneas intrusas que son muy duras y con alta resistencia al cortante; las características del tipo de suelo de la zona hacen que el peligro por deslizamientos sea muy bajo. Si tomamos en consideración precipitaciones pero con periodos de retorno de 5, 20, 50 y 100 años (Figura V.12), estas zonas ahora poseen peligro bajo aun cuando la mayoría se encuentran en la zona cuya precipitación no es mayor del umbral, originando la saturación del suelo. Cuando el factor detonante es sismos estas zonas siguen representando valores bajos (Figura V.13).

El cañón Rosarito presenta zonas alternadas con los cinco niveles de peligro empleando como detonante lluvias con periodo de retorno de 2 m, para lluvias con periodos de 5, 20, 50 y 100 años y sismos a 50 años los valores muy bajos desaparecen (Figura V.12 y Figura V.13); en la parte alta del cañón predomina un peligro medio excepto con lluvias a 5, 20, 50 y 100 años y es la zona con mayor proporción de peligro alto por deslizamiento, en contraste en la parte baja del cañón el peligro esencialmente es bajo y muy bajo para el escenario de lluvias con periodo de 2 años y de bajo a medio para los otros dos escenarios. En el cañón abundan los fluvisoles; estos suelos están poco desarrollados y generalmente tienen una estructura débil lo que se ve reflejado en las zonas donde el peligro es alto y muy alto; por otra parte, en el cañón donde se encuentran los vertisoles el peligro es medio. Respecto a las rocas, las sedimentarias son las que abundan en la zona, proporcionando cierta estabilidad a la ladera. Ahora bien, en el uso de suelo sobresalen los asentamientos humanos, elemento que propicia la inestabilidad del talud, sin embargo, existe una parte del cañón en la que está presente el tipo de vegetación de galería, la cual da consistencia y sostén al suelo, por lo que hay zonas en las que el peligro es bajo e incluso muy bajo a pesar de los otros elementos que están involucrados en los fenómenos de deslizamiento como por ejemplo la pendiente. Por último, las zonas en las que el peligro es muy alto coinciden efectivamente con zonas en las que la pendiente es fuerte, es decir entre los 35° y 45°, dando como resultado que exista alternancia entre peligro alto y muy alto en el cañón.

En la zona sur del municipio la zona en donde se ubica la mesa Los Indios sobresale con peligro alto y muy alto para lluvias con periodo de retorno de 5, 20, 50 y 100 años y sismos con probabilidad de excedencia de 2% (Figura V.12 y Figura V.13). En la parte en que el peligro es alto el tipo de suelo que abunda es regosol, suelos que tienen un valor alto dentro del indicador, pues son propensos a sufrir deslizamientos por ser someros. Por otra parte las rocas sedimentarias son las que predominan en la zona, añadiendo cierta estabilidad a la ladera. Las zonas que presentan peligro por deslizamiento alto coinciden con agricultura de temporal, pues como se señaló, en las zonas en las que este tipo de vegetación está presente por lo regular el suelo se encuentra desnudo la mayor parte del año, por lo que son sitios más propensos a sufrir deslizamientos, pues no existen formas vegetales que le proporcionen soporte y apoyo. En los lugares aislados donde se muestra peligro por deslizamiento muy alto, se suman todas las características anteriores más pendientes mayores a las del resto de la zona. De manera general, en la parte sur del municipio en su mayoría presenta un peligro bajo por deslizamiento para el escenario de lluvias con periodo de retorno de 2 años (Figura V.11), excluyendo la porción adyacente al límite municipal que es la que se describió anteriormente y que se encuentra cercana a los arroyos La Pila y Yerbabuena. El peligro bajo en la parte sur del municipio se debe probablemente al tipo de vegetación que se presenta, pues el chaparral y el matorral rosetófilo costero ayudan a que el suelo tenga mayor soporte, contrario a las zonas donde la vegetación es casi nula y no se proporciona este tipo de ayuda. En los escenarios con lluvias mayores a 45 mm por día y sismos con periodos de retorno de 50 años (Figura V.12 y Figura V.13) el panorama es muy similar, el peligro cambia a medio y alto con ciertos segmentos en muy alto.

5.1.4.1.2. Índice de exposición física ante deslizamientos

5.1.4.1.2.1. Metodología y memoria de cálculo para la determinación de la exposición física ante deslizamientos

En el caso de la exposición de los tres fenómenos de inestabilidad de laderas que se analizan en el presente documento, ésta fue determinada empleando el mismo modelo que para el fenómeno de sismos puesto que los subíndices que componen el índice de exposición se adecuan a cualquiera de ellos ya que los fenómenos presentan características similares, por lo que para conocer a detalle la metodología empleada para la determinación de este índice es necesario remitirse al apartado “Índice de exposición física ante sismos”.



En lo que se refiere al índice de exposición física el hecho que el techo de la vivienda sea de lámina aumenta su grado de exposición, en caso de que exista un deslizamiento o sismo el techo sufrirá daños, si se presentan caídos o derrumbes y estos fragmentos de roca cayeran sobre los techos de las viviendas causarían grandes afectaciones, mientras que si se origina algún flujo éste pudiera hundir o derribar los techados. Por otra parte que los pisos sean de tierra provocará en cualquiera de los casos que estos se vean severamente dañados, no así si el material fuera diferente.

Los niveles de las edificaciones y el menaje resultan ser factores importante también para los tres fenómenos de inestabilidad como para sismos, siendo así que para todos ellos se consideró que las construcciones con más de tres niveles representan valores de exposición elevados; la pérdida de aparatos que funcionan como medios de comunicación en caso de emergencias es igual de esencial sin importar de que fenómeno se trate.

5.1.4.1.2.2. Resultados del análisis

La exposición física de los tres fenómenos de inestabilidad de laderas es la misma que para el fenómeno de sismos por lo que no se describe en este apartado. Para conocer a detalle los resultados es necesario remitirse al apartado “Índice de exposición física ante sismos” subapartado “Resultados del análisis”.

5.1.4.1.2.3. Ponderación de la exposición física

En el caso de la exposición de los tres fenómenos de inestabilidad de laderas que se analizan en el presente documento, ésta fue determinada empleando el mismo modelo que para el fenómeno de sismos, por lo que para conocer a detalle la metodología empleada para la ponderación de este índice es necesario remitirse al apartado “Índice de exposición física ante sismos” subapartado “Ponderación de la exposición física”.

5.1.4.1.2.4. Exposición física ante deslizamientos

La exposición física de los fenómenos de inestabilidad de laderas analizados en este atlas de riesgo es la misma que para el fenómeno de sismos por lo que no se describe en este apartado. Para conocer a detalle la exposición física ante deslizamientos es necesario remitirse al apartado “Índice de exposición física ante sismos” subapartado “Exposición física ante sismos”.

5.1.4.1.3. Índice de vulnerabilidad social ante deslizamientos

5.1.4.1.3.1. Metodología y memoria de cálculo para la determinación de la vulnerabilidad social ante deslizamientos

La vulnerabilidad social para todos los agentes perturbadores que se evalúan en el presente atlas corresponde a la desarrollada en el fenómeno de sismos, por lo que no se describe en este apartado. Para conocer a detalle el procedimiento para su evaluación es necesario remitirse al apartado “Metodología y memoria de cálculo para la determinación de la vulnerabilidad social ante sismos”.



5.1.4.1.3.2. Resultados del análisis

La vulnerabilidad social ante deslizamientos es la misma que para el fenómeno de sismos por lo que no se describe en este apartado. Para conocer a detalle los resultados es necesario remitirse al apartado “Índice de vulnerabilidad social ante sismos” subapartado “Resultados del análisis”.

5.1.4.1.3.3. Ponderación de la vulnerabilidad social

La vulnerabilidad social para todos los agentes perturbadores que se analizan en el presente documento fue determinada empleando el mismo modelo que para el fenómeno de sismos, por lo que para conocer a detalle la metodología empleada para la ponderación de este índice es necesario remitirse al apartado “Índice de vulnerabilidad social ante sismos” subapartado “Ponderación de la vulnerabilidad social”.

5.1.4.1.3.4. Vulnerabilidad social ante deslizamientos

Los resultados de la vulnerabilidad social corresponden a los puntualizados en el “Índice de vulnerabilidad social ante sismos” por lo que no se describen en este apartado. Para conocer a detalle la vulnerabilidad social en el municipio de Playas de Rosarito es necesario remitirse a la “Vulnerabilidad social” del apartado antes mencionado.



5.1.4.2. Caídos o derrumbes

Los caídos corresponden a movimientos abruptos de suelo y fragmentos aislados de rocas, originados en pendientes muy fuertes y acantilados por lo que el movimiento prácticamente es en caída libre, rodando y rebotando, incluye desprendimientos y vuelcos o volteos. Los caídos de acuerdo a CENAPRED (2014), según sus características se clasifican en:

- Desprendimientos. En los desprendimientos el suelo o bloques rocosos caen como producto de la erosión, atendiendo a discontinuidades estructurales como grietas, planos de estratificación o fracturamiento que son proclives a la inestabilidad.
- Vuelcos o volteos. En este evento la caída de los bloques rocosos presentan un giro hacia adelante, estos giros son propiciados por la presencia de discontinuidades estructurales como grietas de tensión, formaciones columnares, o diclasas que tienden a la vertical.

Los caídos pueden ser de cualquier tamaño, los cuales se desprenden de un talud de gran pendiente, a lo largo de una superficie, en la cual prácticamente no ocurre desplazamiento de corte y desciende principalmente, a través del aire por caída libre, a saltos o rodando. Estos movimientos son rápidos a extremadamente rápidos y pueden estar precedidos por otros movimientos que conducirán a la separación progresiva o inclinación de un bloque o masa de material (Suárez, 1998).

Los caídos y derrumbes son fenómenos geológicos que se presentan con mayor frecuencia en laderas rocosas de pendiente fuerte, particularmente en zonas montañosas, propiciados además por la temporada de lluvias y por la actividad sísmica. Son fenómenos que suceden de manera súbita y que son difíciles de predecir en el tiempo (Moya et al. 2013).

5.1.4.2.1. Índice de peligro por caídos y derrumbes

5.1.4.2.1.1. Metodología y memoria de cálculo para la determinación del peligro por caídos y derrumbes

Los problemas derivados por los caídos y derrumbes de un talud afectan considerablemente a la población, por ejemplo, por una parte el cierre de vialidades concurridas por la presencia de caídos sobre la carretera, tiene repercusiones sociales y económicas pues las empresas pueden tener pérdidas económicas si se transportan bienes destinados al comercio; también puede haber gastos generados para la reparación de las vías de comunicación. Además de las cuantiosas pérdidas económicas que se pueden generar por este fenómeno, las pérdidas humanas son sin duda las principales afectaciones.

La posibilidad de que se presenten eventos de caídos y derrumbes en un talud depende de las características del terreno. Entre los factores que se consideran para evaluar la susceptibilidad de que se presente este tipo de fenómeno se encuentran la estructura geológica, litología, edafología, morfología del talud, el viento, escorrentías, fracturas planares adversas, movimiento y tránsito de animales, erosión diferencial, raíces de los árboles, nacimientos de agua, vibraciones de maquinaria y vehículos, descomposición del suelo, sismicidad, además de los cortes de las vías, la explotación de materiales, entre otras actividades antrópicas (Wyllie y Norrish, 1996).

A través del índice de peligro por caídos y derrumbes se evaluó la posibilidad de que este agente perturbador se presente en el municipio. El índice está integrado por factores geotécnicos con indicadores de tipo de suelo, tipo de roca, tipos de vegetación y usos de suelo; topográficos e históricos como pendiente y antecedentes históricos, el análisis se efectuó tomando dos factores detonantes, lluvias y sismos con diferentes periodos de retorno. Cada uno de los indicadores se seleccionó con base en las características que están presentes en el municipio. Como se mencionó anteriormente, en este tipo de fenómeno intervienen diferentes condiciones y factores para que se originen, sin embargo en este estudio se consideraron los ya mencionados debido a la escala a la cual se realizó el análisis. A cada uno de los componentes de los indicadores se le asignó un valor dependiendo de si éstos propician o limitan la ocurrencia del evento (Tabla V.54).

Tabla V.54. Valores asignados a los indicadores del índice de peligro por caídos y derrumbes.

Factores geotécnicos y ambientales					Factores topográficos e históricos				Factores detonantes				
Tipo de Suelo		Tipo de Roca		Tipo de vegetación y usos de suelo		Pendiente		Antecedentes históricos		Lluvias		Sismos	
Litosol	0.5	Toba acida	2	Bosque de encino	1	Más de 45°	2	No se sabe	0.3	Mayor a 45	2	1.0 a 2.9	0.5
Feozem	0.5	Conglomerado	1.6	Vegetación de galería	1	35° a 45°	1.8	Algunos someros	0.4	Menor o igual a 45	1	3.0 a 3.9	0.7
Fluvisol	0.5	Arenisca	1.6	Chaparral	0.4	25° a 35°	1.4	Sí, incluso con fechas	0.6			4.0 a 4.9	1
Regosol	0.5	Andesita	1.2	Matorral rosetófilo costero	0.4	15° a 25°	1					5.0 a 5.9	1.7
Vertisol	0.25	Andesita-Toba intermedia	1.2	Agricultura de riego	0.3	Menos de 15°	0.5					6.0 a 6.9	1.9
Xerosol	0.25	Diorita	1.2	Pastizal inducido	0.3							7.0 y mayores	2
		Granito	1.2	Agricultura de temporal	0								
		Granodiorita	1.2	Asentamientos humanos	0								
		Basalto	0.8	Zona urbana	0								
				No aplicable	0								

Las capas de información que se analizaron para conocer el peligro por caídos y derrumbes al que puede estar expuesta la población en el municipio se obtuvieron de diferentes fuentes. La capa utilizada para evaluar el tipo de suelo fue la de edafología del INEGI a escala 1: 250,000. Respecto al tipo de roca la capa manejada fue la de geología del INEGI a escala 1: 250,000. La capa de información del tipo de vegetación y uso de suelo fue obtenida a partir de una digitalización a escala 1:10,000 de una fotografía aérea tomada en el 2010 con una resolución de 30 cm. En el caso de la pendiente los datos fueron obtenidos a partir del Modelo Digital de



Elevación que fue procesado con el software ArcMap. Para obtener la información de la pendiente de cada pixel se utilizó la herramienta de análisis espacial, ésta permite identificar la pendiente de cada celda de la superficie de la imagen en formato ráster.

Una vez asignados los valores a cada uno de los componentes de los indicadores, las capas fueron transformadas a formato ráster (con excepción de la capa de pendiente que ya se encontraba en el formato adecuado). El tamaño del pixel que se definió para cada capa fue de 15x15 metros para así hacer el análisis geográfico a través del método denominado álgebra de mapas. El tamaño de pixel fue definido de esa manera debido a que es la resolución máxima que tiene el Modelo Digital de Elevación. Las capas de lluvias para los diferentes periodos de retorno analizados fueron proporcionadas por SEDATU; la información sobre aceleración del terreno para el fenómeno detonante sismos, se generó a partir del Atlas del Estado de Baja California.

Las capas que integran el índice de peligro fueron sumadas junto con el factor detonante, como se observa en las siguientes fórmulas:

$$IPCD = S + R + VUS + 2P + AH + Ll$$

$$IPCD = S + R + VUS + 2P + AH + SIS$$

Dónde:

IPCD= Índice de peligro por caídos y derrumbes

S= Tipo de suelo

R= Tipo de rocas

VUS= Tipo de vegetación y uso de suelo

P= Pendiente

AH= Antecedentes históricos

Ll= Lluvias

SIS= Sismos

Como se observa en la fórmula anterior, cada capa de información que integra el índice de peligro por derrumbes y caídos fue sumada, por lo que en cada pixel se obtuvo la suma de los valores de cada una de ellas, es decir, en cada pixel se sumaron los valores que corresponden a los factores condicionantes como es el tipo de suelo, tipo de rocas, vegetación y usos de suelo, pendiente y antecedentes históricos, así como el factor detonante.

Los indicadores del índice fueron seleccionados debido a la disponibilidad de la información y a la escala a la cual se realizó el análisis. Los valores que se asignaron a cada uno de los componentes de cada indicador fueron adaptados y modificados de la metodología del CENAPRED (2006), de acuerdo a las condiciones particulares se presentan en el municipio.

Cada uno de los indicadores del índice, sus componentes y valores asignados se describen a continuación. El valor que se obtuvo de la sumatoria de los diferentes componentes del índice es considerado como el peligro.

5.1.4.2.1.1.1. Factores geotécnicos y ambientales

Indicador tipo de suelo (S)

La presencia de suelos no consolidados y/o que son sensibles a movimientos, ya sea por los efectos naturales del medio (sismicidad, meteorización, lluvia, etc.), o por las actividades antrópicas, propician eventos de caídos y derrumbes en las laderas. En el municipio se presentan tipos de suelo que son susceptibles a ser erosionados, lo cual conlleva a que la estructura de las laderas se debilite y por ende se presenten estos fenómenos.



La estabilidad de taludes donde están presentes los tipos de suelo Litosol, Feozem, Fluvisol y Regosol es menor en comparación con los taludes en los que se presentan suelos de tipo Vertisol y Xerosol. Los primeros cuatro tipos de suelo mencionados por lo regular son medianamente compactos a sueltos y granulares, por lo que en temporada de lluvias éstos se reblandecen creando formaciones poco consolidadas. A los suelos con estas características se les asignó un valor de 0.5 por ser más susceptibles a caídos y derrumbes que los otros tipos. Respecto a los otros dos tipos de suelo, Vertisol y Xerosol, el valor asignado fue de 0.25 por ser suelos con mayor consistencia que los anteriores, con frecuencia más compactos por ser arcillosos, o arena limosos, estas características permiten que los eventos de caídos y derrumbes sean menos probables a presentarse en estos tipos de suelo (Referirse a la Tabla V.43 del apartado de peligro por deslizamientos).

Indicador tipo de roca (R)

Conocer qué tipo de roca está presente en una ladera es importante al momento de evaluar los fenómenos de caídos y derrumbes. Cuando la roca es expuesta a meteorización, es decir, a la modificación en su composición o estructura por la acción de agentes atmosféricos se pueden presentar estos fenómenos. Los efectos de la meteorización provocan la erosión de sus componentes, originando la fragmentación de la roca. Las microgrietas, poros e inclusiones que se muestran en las rocas pueden dar inicio a nuevas grietas ante un campo tensional; cuando las grietas crecen de modo notable al actuar unas con otras pueden producir la rotura de la estructura. El tipo de roca que es más propenso a fragmentarse y provocar este tipo de fenómenos es la toba ácida que pertenece a las rocas ígneas extrusivas.

Para la evaluación del peligro por caídos y derrumbes se utilizó el tipo de roca como uno de los indicadores. Una de las características que se utilizó fue su resistencia mecánica, que es la carga o peso por unidad de área a la que el material falla o se rompe por fracturación, es decir la propiedad de oponerse a su desintegración o destrucción frente a una carga exterior, ya sea estática o dinámica. Esta resistencia depende principalmente de su composición mineralógica, por ejemplo, el cuarzo tiene una resistencia a la compresión que supera las 500 MPa, mientras que la calcita tiene una resistencia a la compresión de 10 a 20 MPa (Ramírez y Alejano, 2004).

Para este estudio se utilizó la clasificación de las rocas según su resistencia a la compresión simple medida en MPa (Megapascal), valor que se relaciona con la clasificación propuesta por Bieniawski (1973). Según sus características, las rocas que tienen una resistencia baja son materiales que en el campo se pueden disgregar completamente con el golpe del pico del martillo o deshacerse con una navaja, tienen una resistencia a la compresión simple entre 25 y 50 MPa, y son rocas moderadamente duras como el esquisto, la pizarra y la toba, por sus características se asignó un valor de 2. Las rocas con una resistencia media son duras según la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas; tienen una resistencia a la compresión simple que va de los 50 a 100 MPa, por lo que el conglomerado y la arenisca se encuentran entre este tipo de rocas, el valor que les fue asignado es de 1.6. A las rocas con resistencia alta como la andesita, toba intermedia, diorita, granito y granodiorita se les asignó un valor de 1.2. Estas rocas son muy duras pues tienen una resistencia a la compresión entre 100 y 250 MPa, por lo que las muestras se rompen con dificultad. Finalmente, las rocas con una resistencia muy alta presentan valores de compresión arriba de los 250 MPa, para identificar este tipo de rocas en el campo al momento de ser golpeadas con un martillo se escucha un sonido macizo y la roca es muy difícil de romper. A las rocas con este tipo de características se les asignó un valor de 0.8, por ejemplo el basalto, lo anterior se muestra en la Tabla V.55, (Ramírez y Alejano, 2004).

Tabla V.55. Valores asignados a los tipos de roca presentes en el municipio de Playas de Rosarito.



Tipo de Roca	Resistencia a la compresión (MPa)	Resistencia (Bieniewski)	Valor
Toba acida	30	Baja	2
Conglomerado	72	Media	1.6
Arenisca	95	Media	1.6
Andesita	128	Alta	1.2
Andesita-Toba intermedia	128	Alta	1.2
Diorita	188	Alta	1.2
Granito	188	Alta	1.2
Granodiorita	188	Alta	1.2
Basalto	252	Muy Alta	0.8

Indicador tipo de vegetación y uso de suelo (VUS)

El proceso de meteorización, es la fragmentación física y/o alteración química de las rocas de la superficie terrestre, lo que provoca que el relieve sea modelado. A los elementos que modifican el relieve se les denomina agentes geológicos; éstos pueden ser externos pasivos como la temperatura, humedad, oxígeno, entre otros, que inducen la disgregación de las rocas pero que no movilizan los fragmentos. Por otra parte también hay agentes activos que son capaces de fragmentar las rocas y movilizar esos fragmentos; ejemplo de este tipo de agentes son el viento que arrastra pequeñas partículas que al golpear con las rocas las desgasta, la lluvia que también desgasta el suelo y arranca los pequeños fragmentos, las aguas continentales, hielo, aguas subterráneas, así también los agentes vivos influyen en la modificación del relieve, por ejemplo la vegetación que puede romper las rocas debido al crecimiento de las raíces.

La actividad biológica es uno de los procesos de meteorización mecánica y agentes activos que incrementa la meteorización pues las raíces vegetales crecen entre las fracturas de las rocas en busca de nutrientes y agua, y conforme van creciendo resquebrajan la roca. Debido a que la vegetación favorece la desintegración de la roca, se decidió asignar un valor mayor a la vegetación que cuenta con estructuras radicales más fuertes y que pueden llegar a profundizar más en las rocas, en este caso la vegetación de galería y el bosque de encino tienen un valor más alto que el resto de los tipos de vegetación por poseer estas características, el valor asignado fue de 2. Al chaparral y al matorral rosetófilo costero se les asignó un valor de 1.5 por poseer características similares. La agricultura de riego y el pastizal inducido tienen raíces que no son tan profundas como los tipos de vegetación anteriores, por lo que se asignó un valor de 0.8 a ambos. Finalmente los asentamientos humanos y zonas urbanas fueron valorados con 0 debido a que no cuentan con estructuras radicales que afecten a la roca; y si bien la agricultura de temporal tiene raíces, este tipo de vegetación no está presente la mayor parte del año, por lo que se le asignó el mismo valor (Tabla V.56).

Tabla V.56. Asignación de valores e acuerdo al tipo de vegetación y uso de suelo en el municipio de Playas de Rosarito.

Vegetación y uso de suelo	Valor	Justificación
Bosque de encino	2	Este tipo de vegetación cuenta con estructuras radicales que pueden incrustarse entre las fracturas de la roca provocando la desintegración de



Vegetación y uso de suelo	Valor	Justificación
Vegetación de galería	2	ésta.
Chaparral	1.5	Este tipo de vegetación no tiene estructuras radicales tan fuertes como los tipos de vegetación de galería y bosque de encino, sin embargo no son resistentes como para provocar meteorización en la roca.
Matorral rosetófilo costero	1.5	
Agricultura de riego	0.8	Las estructuras radicales son mínimas, por lo que la influencia que este tipo de vegetación pueda tener sobre la roca para el proceso de meteorización es mínima.
Pastizal inducido	0.8	
Agricultura de temporal	0	No hay presencia de vegetación o es nula. No hay estructuras radicales que afecten la estructura de las rocas.
Asentamientos humanos	0	
Zona urbana	0	
No aplicable	0	

5.1.4.2.1.1.2. Factores topográficos e históricos

Indicador pendiente (P)

La pendiente del terreno es un factor esencial que interviene en la estabilidad de una ladera, por lo que es utilizada en el análisis del peligro por caídos o derrumbes. Las observaciones realizadas muestran que los movimientos de ladera tienden a comportarse como elementos de caída libre cuando la pendiente superficial es de más de 75°. En taludes de ángulo menor, generalmente los materiales rebotan y en los taludes de menos de 45 grados los materiales tienden a rodar. Los “caídos de roca” corresponden a bloques de roca relativamente sana, por otro lado los caídos de residuos o detritos están compuestos por fragmentos de materiales pétreos y los caídos de tierra corresponden a materiales compuestos de partículas pequeñas de suelo o masas blandas (Suárez, 1998).

Ya que los caídos y derrumbes se presentan con mayor frecuencia en zonas montañosas o con pendientes fuertes, se consideró que las pendientes mayores de 45° tuvieran el valor más elevado es decir de 2, mientras que a las pendientes entre 35° y 45° se les asignó el valor de 1.8; las pendientes que se encuentran entre el rango de los 25° y 35° fueron valoradas con 1.4; las que se encontraban entre los 15° y 25° tuvieron un valor de 1 y finalmente las pendientes que eran menores a 15° se les asignó un valor de 0.5 (Remitirse a la Tabla V.46 del índice de peligro por deslizamiento).

A este indicador se le asignó un peso mayor dentro de la formula final de peligro, ya que es un parámetro con alta influencia en la probabilidad de ocurrencia de fenómenos relacionados con movimiento de masas. Es así que la pendiente se consideró como un factor condicionante dos veces más importante que el resto de los factores evaluados, por lo que el valor asignado en función de la pendiente de la ladera fue multiplicado por dos para obtener el resultado final, como se mostró anteriormente en la fórmula del índice de peligro.

Indicador antecedentes históricos (AH)

Al igual que en el fenómeno de deslizamientos y flujos, adicional a los valores geotécnicos, ambientales y topográficos se tomaron en consideración los datos históricos de los diferentes eventos sucedidos en el pasado, para tener un panorama general de la recurrencia de los mismos, las causas que los desencadenan, identificar las zonas susceptibles, así como los daños que estos ocasionaron.



Las evidencias históricas nos indican zonas que son propensas a sufrir algún daño resultante de un fenómeno perturbador, además muestra que estas zonas tienen alta probabilidad de que los daños y condiciones que se presentaron anteriormente se pudieran generar una vez más en el futuro.

En el apartado de factores topográficos e históricos del fenómeno de deslizamiento se puede consultar a detalle la metodología empleada para este indicador.

5.1.4.2.1.1.3. Factores detonantes

Los fenómenos considerados como factores detonantes para la totalidad de fenómenos de inestabilidad de ladera analizados en el presente atlas, corresponde a lluvias para periodos de retorno de 2, 5, 20, 50 y 100 años y sismos con periodo de retorno de 50 años y una probabilidad de excedencia de 2%.

La metodología empleada para los factores detonantes en el fenómeno de caídos y derrumbes corresponde a la descrita en el fenómeno de deslizamientos, por lo que no se describe en este apartado. Para conocer a detalle el procedimiento para su evaluación es necesario remitirse al apartado “Metodología y memoria de cálculo para la determinación del peligro por deslizamientos, factores detonantes”.

5.1.4.2.1.2. Resultados del análisis

Peligro por caídos con factor detonante lluvias periodo de retorno de 2 años

En el análisis del fenómeno de caídos con precipitaciones abajo del valor umbral y un período de retorno de 2 años se tiene que del 100% de la población el 78.89% (60,033 habitantes) se ubica en zonas con peligro por caídos bajo, el 20.41 % (15,528 habitantes) en zonas con peligro muy alto y el 0.18% (135 habitantes) en zonas con peligro por caídos (muy bajo) como se muestra en la Tabla V.57. La población representada hace referencia a aquella que habita en manzanas ubicadas en zonas urbanas.

Tabla V.57. Población del municipio Playas de Rosarito ubicada en zonas en alguna categoría de peligro por caídos con lluvias con periodos de retorno de 2 años.

Peligro	Población	%	Manzanas	%
Muy alto	15,528	20.41	425	20.88
Alto	0	0.00	0	0.00
Medio	401	0.53	8	0.39
Bajo	60,033	78.89	1,588	78.03



Muy bajo	135	0.18	14	0.69
Total	76,097	100.00	2,035	100.00

Peligro por caídos con factor detonante lluvias periodo de retorno de 5, 20, 50 y 100 años

El análisis del fenómeno de caídos con precipitaciones arriba del valor umbral y períodos de retorno de 5, 20, 50 y 100 años se tiene que del 100% de la población el 57.13% (43,476 habitantes) se ubican en zonas con peligro por caídos bajo, el 42.31% (32,197 habitantes) en peligro medio, 0.53% (401 habitantes) en peligro alto y 0.03% en peligro muy bajo (Tabla V.58). La población representada hace referencia a aquella que habita en manzanas ubicadas en zonas urbanas.

Tabla V.58. Población del municipio Playas de Rosarito ubicada en zonas en alguna categoría de peligro por caídos con lluvias con periodos de retorno de 5 a 100 años.

Peligro	Población	%	Manzanas	%
Muy alto	0	0.00	4	0.20
Alto	401	0.53	8	0.39
Medio	32,197	42.31	925	45.45
Bajo	43,476	57.13	1,096	53.86
Muy bajo	23	0.03	2	0.10
Total	76,097	100.00	2,035	100.00

Peligro por caídos con factor detonante sismos periodo de retorno de 50 años

En el análisis realizado del fenómeno de caídos con sismos con un periodo de retorno de 50 años y una probabilidad de excedencia del 2% como factor detonante, se tiene que del 100% de la población el 42.38% (32,253 habitantes) se ubica en zonas donde hay peligro medio por este fenómeno, 36.61 (27,857 habitantes) en peligro bajo y 20.48 % (15,586 habitantes) en peligro muy bajo. Cabe destacar que no hay población en zonas donde el peligro es alto y muy alto (Tabla V.59). La población representada hace referencia a aquella que habita en manzanas ubicadas en zonas urbanas.

Tabla V.59. Población del municipio Playas de Rosarito ubicada en zonas en alguna categoría de peligro por caídos con sismos.

Peligro	Población	%	Manzanas	%
Muy alto	0	0.00	4	0.20
Alto	401	0.53	8	0.39
Medio	32,253	42.38	928	45.60
Bajo	27,857	36.61	664	32.63
Muy bajo	15,586	20.48	431	21.18





Total	76,097	100.00	2,035	100.00
-------	--------	--------	-------	--------

5.1.4.2.1.3. Ponderación del peligro

Los valores de peligro en caso de caídos y derrumbes fueron categorizados de la siguiente manera para conocer el peligro al que el municipio está expuesto: habrá un peligro muy alto cuando en un pixel se obtenga un valor mayor a 6.31, peligro alto cuando el valor se encuentre entre 5.37 y 6.31, peligro medio en caso de que el valor se encuentre entre 4.42 y 5.36, peligro bajo cuando el valor oscile entre 3.10 y 4.41 y muy bajo cuando se encuentre entre 0 y 3.09 (Tabla V.60). Los rangos de los valores de peligro fueron establecidos y adecuados conforme a la metodología del CENAPRED.

Tabla V.60. Categorías del peligro por caídos y derrumbes.

Categoría	Valor
Muy alto	Más de 6.31
Alto	5.37 a 6.31
Medio	4.42 a 5.36
Bajo	3.10 a 4.41
Muy bajo	0 a 3.09

5.1.4.2.1.4. Peligro por caídos y derrumbes

En el análisis de inestabilidad de laderas como se indicó en el apartado de metodología y memoria de cálculo se asignaron dos valores al factor detonante de lluvias para evaluar su efecto en estos fenómenos. Es así que se asignó el valor 1 a lluvias que estuvieran en el umbral o debajo de él, es decir 45 mm por día, y un valor de 2 a lluvias por encima del valor umbral. Por lo anterior los deslizamientos, caídos y derrumbes al igual que flujos con el factor detonante de lluvia ya sea para periodo de retorno de 5, 20, 50 o 100 años son mostrados en un mismo mapa dado que en el análisis realizado las lluvias con estos periodos de retorno sobrepasan el valor umbral de 45 mm por día, por lo que el resultado sería el mismo en todos los casos por ello se consideró que no es necesario mostrar mapas que reflejaran la misma información.



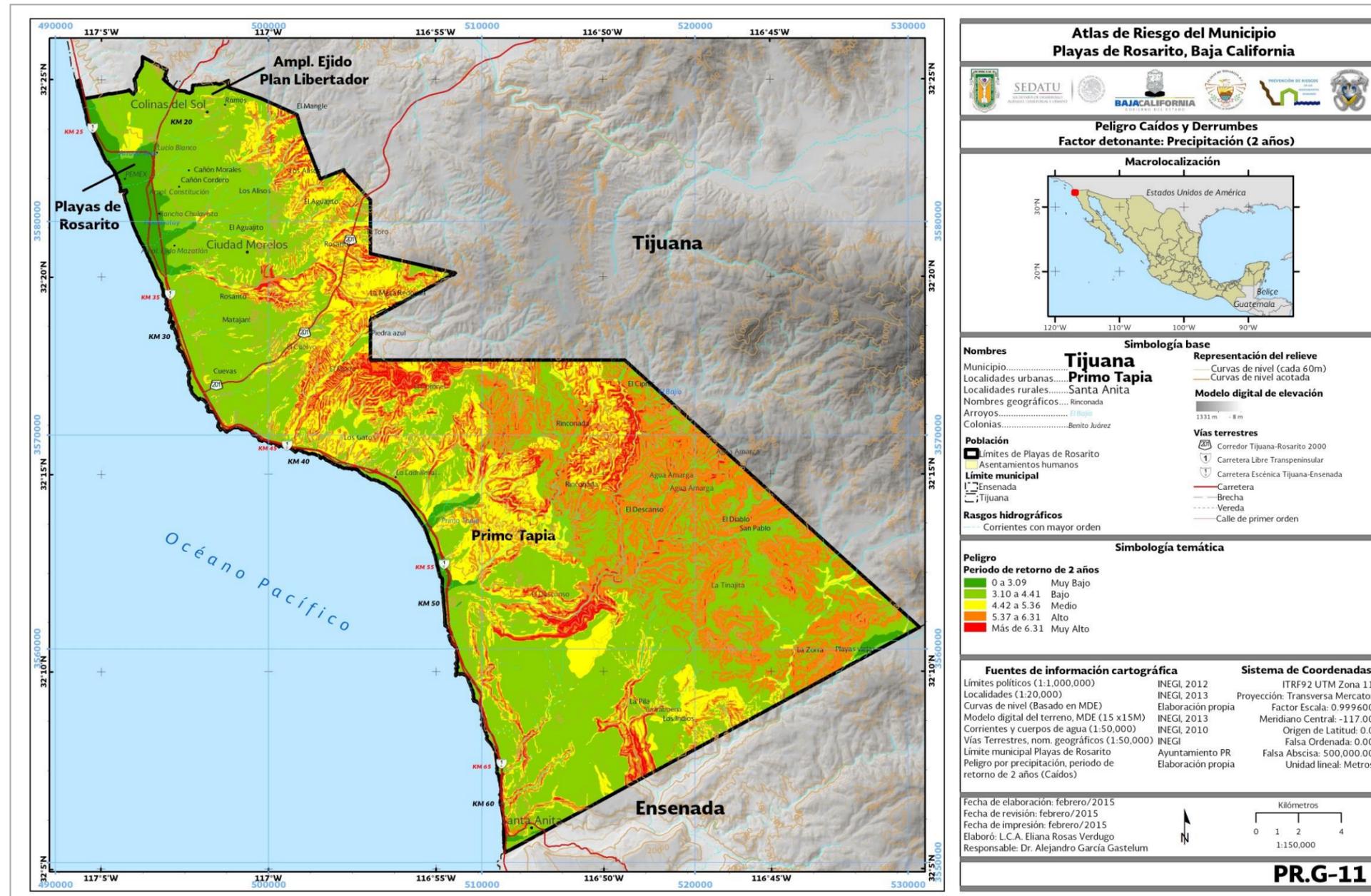


Figura V.14. Índice de peligro por caídos y derrumbes, factor detonante lluvias para periodo de retorno de dos años.

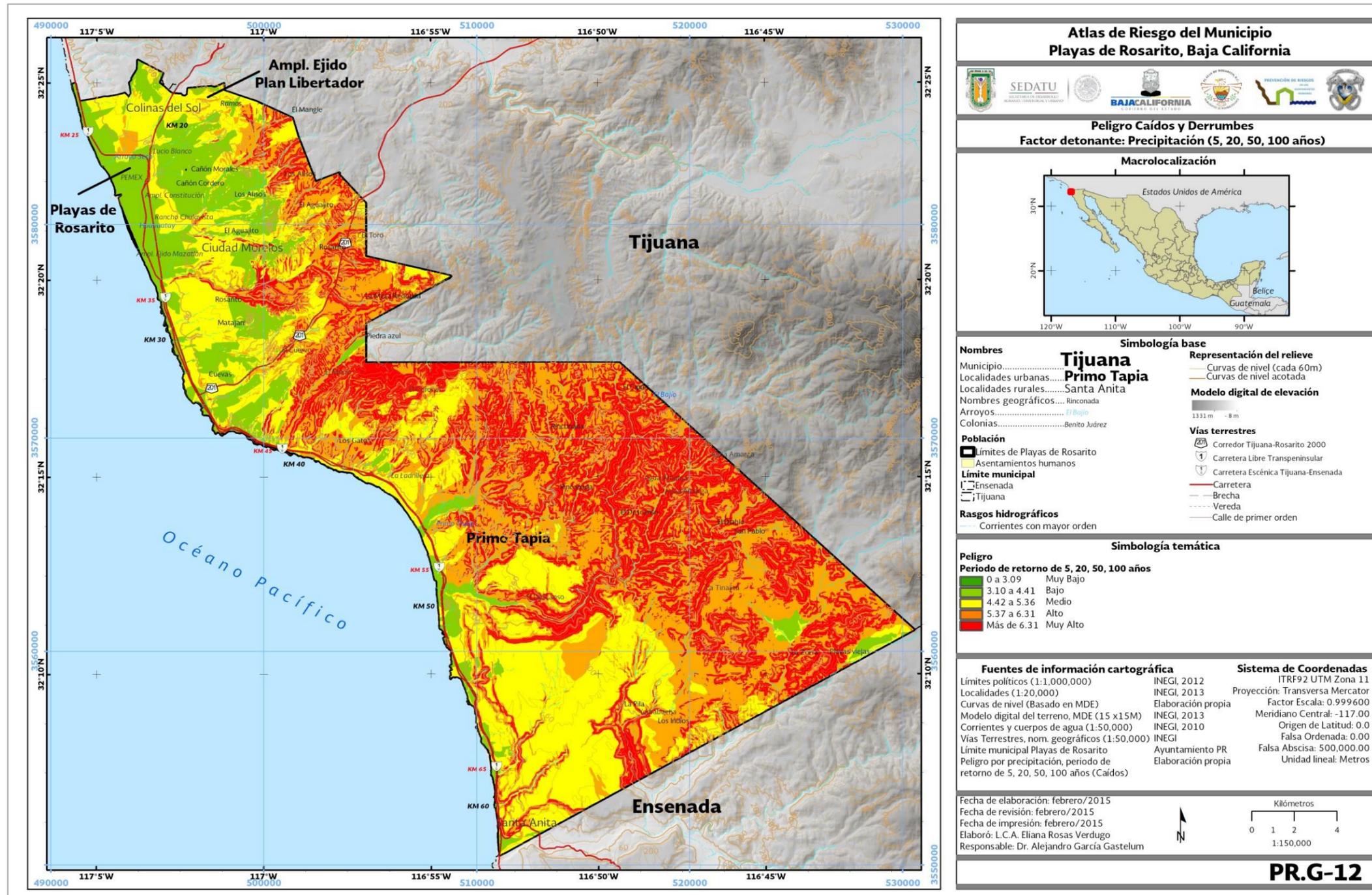


Figura V.15. Índice de peligro por caídos y derrumbes, factor detonante lluvias para periodo de retorno de 5, 20, 50 y 100 años.

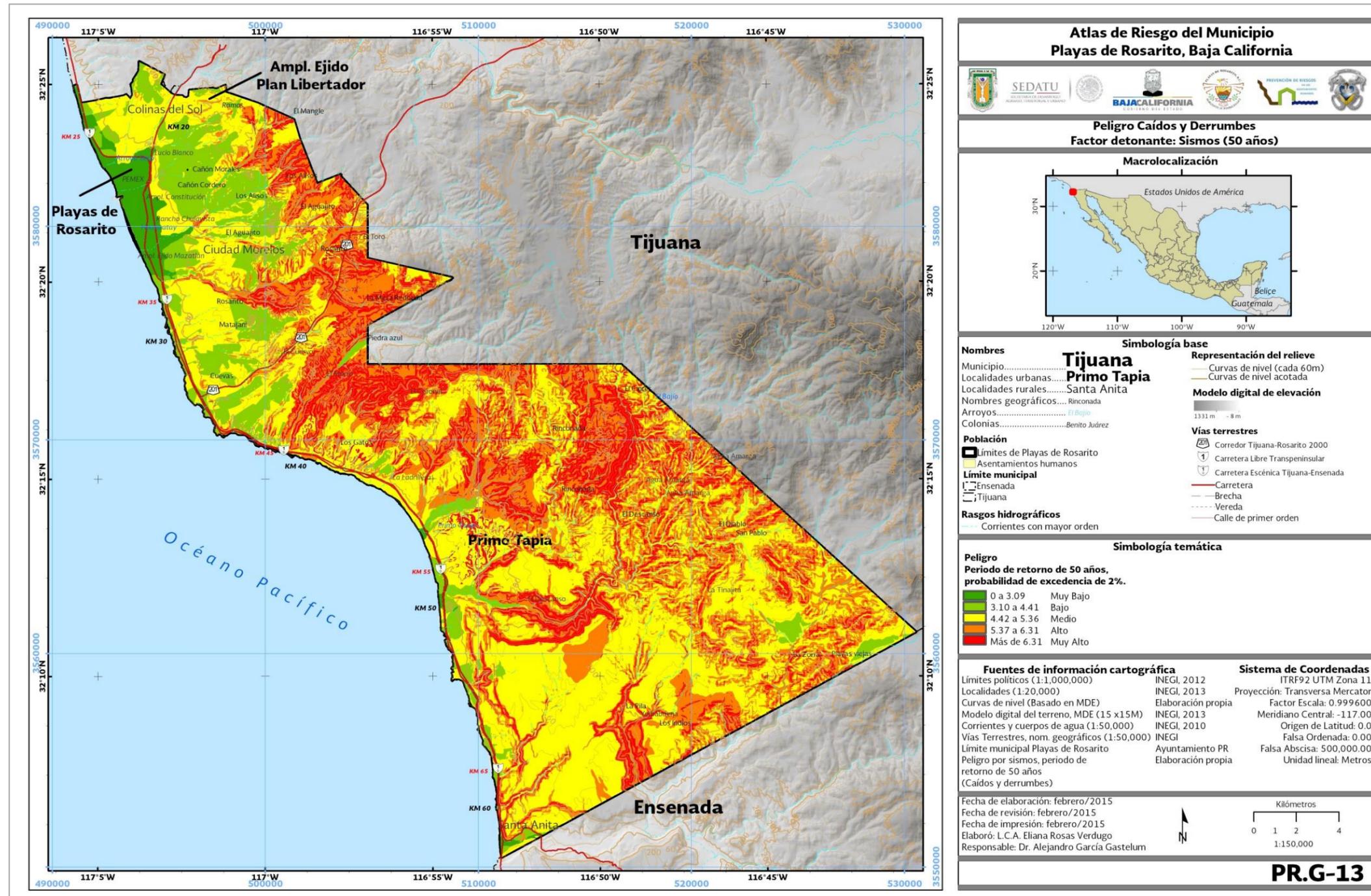


Figura V.16. Índice de peligro por caídos y derrumbes, factor detonante sismos para periodo de retorno de 50 años.



Haciendo un análisis general del mapa de peligro por caídos y derrumbes en el municipio cuando se presentan precipitaciones menores a los 40 mm por día con un período de retorno de dos años, se observa que en la porción norte predomina un peligro muy bajo a bajo, la cual abarca las colonias de Colinas del Sol, Playas de Rosarito, Lucio Blanco, Ampliación Constitución, Rancho Chula Vista, Ampliación Ejido Mazatlán, Matajani y Cuevas, además existen zonas hacia el sur del municipio que también están en esta categoría de peligro, como Playas Viejas, y hacia el sur de Primo Tapia entre El Descanso y La Pila. Por otro lado, en el centro del municipio y en la porción sureste el peligro va de medio a muy alto principalmente en El Morro, el cerro El Coronel, La Rinconada, La Viña, El Ciprés, El Bajío, Agua Amarga, El Diablo, San Pablo, La Tinajita (Figura V.14).

En el caso en el que el factor detonante es lluvia entre los 50 mm y los 130 mm por día con un período de retorno de 5, 20, 50 y 100 años se observa una gran zona donde el peligro es principalmente alto y muy alto, esta zona se encuentra hacia la porción sur y sureste del municipio abarcando el arroyo El Bajío, las cañadas Rinconada, El Descanso, Agua Amarga, San Pablo, El Diablo, La Pila, La Zorra, Rinconada y El Ciprés; también hay peligro alto y muy alto en la parte central en El Morro y El Cuervo, así como en la parte noreste del municipio en la mina Piedra Azul, las cañadas La Mesa Redonda, El Toro, Rosarito, El Aguajito, Los Alisos y El Mangle (Figura V.15).

Cuando el factor detonante de caídos y derrumbes es un sismo que se encuentre entre los 5 y 6.9 grados Richter con un período de retorno de 50 años y una probabilidad de excedencia del 2% se observa en la Figura V.16 que principalmente en El Mangle, Los Alisos, El Aguajito, la cañada Rosarito, El Toro, La Mesa Redonda, El Morro, el cerro El Coronel, Rinconada, El Descanso, La Viña, y la Pila el peligro por caídos y derrumbes es alto y muy alto. Gran parte del municipio tiene un peligro más allá de medio, salvo en la parte norte del municipio en donde se aprecia que el peligro es muy bajo en Playas de Rosarito y en colonias cercanas como la colonia Constitución y Lucio Blanco el peligro es bajo, así como en Fraccionamiento Monte Carlo y La Posta.

De manera particular se tiene que en la colonia Ramos destacan los suelos feozems, y rocas sedimentarias; el uso de suelo corresponde a asentamientos humanos y las pendientes de la zona por lo general son menores a 15° y se tiene registro de un evento de movimiento de masas. Cada uno de estos indicadores, que describen las condiciones del terreno favorece que exista cierta inestabilidad en las laderas de la zona, por lo que el peligro en la zona llega a ser alto e incluso muy alto en zonas donde la pendiente es fuerte y cuando el factor detonante son sismos entre 6 y 6.9 grados Richter (Figura V.16) y precipitaciones arriba del umbral (Figura V.14). Cuando el factor detonante es lluvia menor al umbral el peligro en la zona es medio y alto principalmente (Figura V.14). En las cañadas El Mangle, Los Alisos y El Aguajito las condiciones que predominan son un tipo de suelo vertisol, con rocas de tipo sedimentarias, vegetación de chaparral y una pendiente entre 15° y 25°; en estas cañadas los caídos y derrumbes comparten características que hacen que se comporten de la misma manera cuando se presentan factores detonantes como sismos entre 6 y 6.9 grados Richter y lluvias arriba del umbral con un período de retorno de 5, 20, 50 y 100 años (Figura V.18 y Figura V.19).

En gran parte de las cañadas del arroyo Rosarito, que va desde el extremo este del municipio hasta alcanzar el mar en Rosarito Shores, así como en la cañada Mesa Redonda las condiciones del terreno que se presentan son las siguientes: en las porciones profundas de la cañada el suelo predominantemente es fluvisol, mientras que en las laderas es de tipo vertisol. Respecto a los tipos de rocas se tienen dos, hacia la zona este de la cañada predominan areniscas, mientras que en la porción oeste abundan los basaltos. Por una parte las areniscas proporcionan elementos que hacen que el terreno sea más inestable que en zonas donde predominan los basaltos los cuales se caracterizan por ser rocas más duras. Uno de los elementos importantes que hacen que la zona sea susceptible a derrumbes es el tipo de vegetación. En las laderas de la cañada la vegetación predominante es la de galería, este tipo de vegetación hace que se desintegren las rocas debido a que sus raíces pueden penetrar e incrustarse en ella y por tanto se presente este fenómeno. Aunado a la vegetación, el otro elemento que promueve los caídos y derrumbes es la pendiente del terreno, la cual entre más fuerte existe mayor posibilidad de que sucedan. Hay zonas en las que la pendiente oscila entre los 35° y 45°. En estas dos cañadas el peligro por caídos y derrumbes es principalmente alto y muy alto cuando los factores detonantes son sismos entre 6 y 6.9 grados Richter con período de retorno de 50 años (Figura V.16) y con lluvias que superen los 45 mm por día las cuales tienen período de retorno de 5 a 100 años (Figura V.15). Respecto al escenario con lluvias que están por debajo del umbral de 45 mm por día (Figura V.14) se tiene que el peligro en las cañadas Rosarito y La Mesa Redonda va de bajo a muy alto en algunas zonas. Donde se presenta el más alto peligro es donde las pendientes son fuertes respecto a las zonas circundantes.

En la cañada El Morro y la zona ubicada entre ésta y el cerro El Coronel la edafología que se presenta es de tipo litosol y fluvisol, los tipos de roca son arenisca y andesita, la vegetación es chaparral, matorral y en la zona norte del cerro El Coronel el tipo de vegetación es de galería, finalmente las pendientes se encuentran desde suaves hasta mayores a 35°. Existen elementos que hacen que la zona sea susceptible a caídos los cuales como son el tipo de vegetación y la pendiente, ya que como se describió en el apartado correspondiente, por una parte la vegetación provoca que las rocas se meteoricen y por otra parte la pendiente favorece que fragmentos de roca se desprendan. Con las condiciones anteriores más los factores detonantes como sismos arriba de 6 grados Richter o lluvias superiores al umbral para inestabilidad de laderas se tiene que el peligro es alto y muy alto principalmente. Cuando las precipitaciones se encuentran por debajo del umbral en esta zona el peligro sigue siendo alto y muy alto, principalmente donde las pendientes de las laderas superan los 35°.



En las cañadas La Rinconada, El Ciprés, Agua Amarga, El Descanso, El Diablo, San Pablo, La Zorra y el cerro La Tinaja, son lugares en los que se presenta principalmente el litosol, un tipo de suelo que de acuerdo a sus características favorece los caídos por ser fácilmente erosionables. Por otra parte, la roca que predomina es la andesita, la cual se presenta en mayor proporción en la zona; en lugares puntuales como La Rinconada se encuentran rocas de tipo toba ácida, la cual recibió el mayor valor en el indicador de tipo de roca, pues es la que tiene menor resistencia a la compresión. La vegetación es de tipo matorral rosetófilo costero y chaparral principalmente, lo cual también favorece los caídos y derrumbes, finalmente la pendiente de los cerros y cañadas delimita puntualmente las zonas que presentan peligro alto y muy alto. Cuando a los factores condicionantes anteriores se agrega un factor detonante como lluvias superiores a 45 mm por día el comportamiento de las laderas es bastante inestable, provocando que en las laderas el peligro por caídos y derrumbes sea alto y muy alto principalmente (Figura V.15). Cuando la precipitación está por debajo del valor umbral, el peligro disminuye considerablemente, incluso hay zonas en las cuales existe peligro bajo o muy bajo, principalmente por la pendiente que predomina en la zona (Figura V.14).

En la zona de El Descanso y La Viña, ubicada al sur de Primo Tapia, el peligro por caídos es principalmente muy alto en cada uno de los escenarios con los diferentes factores detonantes como lluvias y sismos, incluso cuando las precipitaciones se encuentran por debajo del valor umbral. Lo anterior debido a las características que en la zona se presentan, por ejemplo el suelo es regosol, las rocas son areniscas, la vegetación es de galería y las pendientes hasta alrededor de los 30°. En esta zona lo que propicia un peligro muy alto es el tipo de vegetación que se presenta.

La mayor parte de las zonas donde el peligro es bajo y muy bajo en los diferentes escenarios están ubicadas cerca de la costa y hacia la porción norte del municipio, principalmente en Playas de Rosarito y en las zonas cercanas a la costa en el sur de Primo Tapia. La edafología de estos lugares es vertisol y xerosol, tipos de suelo que en el indicador tienen los valores más bajos pues tienen baja susceptibilidad a ser erosionados. El tipo de roca que predominan en zonas donde el peligro es bajo es basalto, mientras que en las zonas donde el peligro es muy bajo no hay predominancia de rocas, si no de suelos de tipo litoral, además de los elementos anteriores, y la pendiente es menor a 15° en la mayor parte de las zonas con peligro bajo o muy bajo.

5.1.4.2.2. Índice de exposición física ante caídos y derrumbes

5.1.4.2.2.1. Metodología y memoria de cálculo para la determinación de la exposición física ante caídos y derrumbes

En el caso de la exposición de los tres fenómenos de inestabilidad de laderas que se analizan en el presente documento, ésta fue determinada empleando el mismo modelo que para el fenómeno de sismos puesto que los subíndices que componen el índice de exposición se adecuan a cualquiera de ellos ya que los fenómenos presentan características similares, por lo que para conocer a detalle la metodología empleada para la determinación de este índice es necesario remitirse al apartado “Índice de exposición física ante sismos”.

5.1.4.2.2.2. Resultados del análisis

La exposición física de los tres fenómenos de inestabilidad de laderas es la misma que para el fenómeno de sismos por lo que no se describe en este apartado. Para conocer a detalle los resultados es necesario remitirse al apartado “Índice de exposición física ante sismos” subapartado “Resultados del análisis”.

5.1.4.2.2.3. Ponderación de la exposición física

En el caso de la exposición de los tres fenómenos de inestabilidad de laderas que se analizan en el presente documento, ésta fue determinada empleando el mismo modelo que para el fenómeno de sismos, por lo que para conocer a detalle la metodología empleada para la ponderación de este índice es necesario remitirse al apartado “Índice de exposición física ante sismos” subapartado “Ponderación de la exposición física”.



5.1.4.2.2.4. Exposición física ante caídos y derrumbes

La exposición física de los fenómenos de inestabilidad de laderas analizados en este atlas de riesgo es la misma que para el fenómeno de sismos por lo que no se describe en este apartado. Para conocer a detalle la exposición física ante deslizamientos es necesario remitirse al apartado “Índice de exposición física ante sismos” subapartado “Exposición física ante sismos”.

5.1.4.2.3. Índice de vulnerabilidad social ante caídos y derrumbes

5.1.4.2.3.1. Metodología y memoria de cálculo para la determinación de la vulnerabilidad social ante caídos y derrumbes

La vulnerabilidad social para todos los agentes perturbadores que se evalúan en el presente atlas corresponde a la desarrollada en el fenómeno de sismos, por lo que no se describe en este apartado. Para conocer a detalle el procedimiento para su evaluación es necesario remitirse al apartado “Metodología y memoria de cálculo para la determinación de la vulnerabilidad social ante sismos”.

5.1.4.2.3.2. Resultados del análisis

La vulnerabilidad social ante caídos y derrumbes es la misma que para el fenómeno de sismos por lo que no se describe en este apartado. Para conocer a detalle los resultados es necesario remitirse al apartado “Índice de vulnerabilidad social ante sismos” subapartado “Resultados del análisis”.

5.1.4.2.3.3. Ponderación de la vulnerabilidad social

La vulnerabilidad social para todos los agentes perturbadores que se analizan en el presente documento fue determinada empleando el mismo modelo que para el fenómeno de sismos, por lo que para conocer a detalle la metodología empleada para la ponderación de este índice es necesario remitirse al apartado “Índice de vulnerabilidad social ante sismos” subapartado “Ponderación de la vulnerabilidad social”.

5.1.4.2.3.4. Vulnerabilidad social ante caídos y derrumbes

Los resultados de la vulnerabilidad social corresponden a los puntualizados en el “Índice de vulnerabilidad social ante sismos” por lo que no se describen en este apartado. Para conocer a detalle la vulnerabilidad social en el municipio de Playas de Rosarito es necesario remitirse a la “Vulnerabilidad social” del apartado antes mencionado.



5.1.4.3. Flujos

Los flujos son eventos de movimiento de ladera que constituyen importantes procesos de transporte de sedimentos. Éstos ocurren por lo general después de períodos de lluvias extraordinarias, por lo que éstas son uno de los principales factores que propician la inestabilidad de laderas por este fenómeno. Otro factor importante es la presencia de materiales muy meteorizados y saturados de agua, los cuales pueden provocar que la estructura de la ladera pierda cohesión, que se pierda la cementación entre las partículas del suelo y que se incrementen las presiones de los poros dando como consecuencia que porciones del suelo fluyan pendiente abajo (Páez et al. 2013).

Los Flujos, son movimientos de suelos y/o fragmentos de rocas pendiente abajo de una ladera; y sus partículas, fragmentos o granos presentan movimientos relativos dentro de la masa que se desliza sobre una superficie de falla. Los flujos pueden ser desde muy lentos a muy rápidos, así como secos o húmedos, dependiendo de sus características pueden dividirse en:

- Flujos de lodo. Son masas de suelo con agua las cuales fluyen pendiente abajo a altas velocidades. Están compuestas por lo menos en un 50% de arena, limo y arcilla.
- Flujos de tierra o suelo. Son masas de suelo con agua, las cuales fluyen pendiente abajo a altas velocidades. Se componen en un 50% de grava, arena y limo.
- Avalanchas de detritos. Es una mezcla de suelos sueltos, fragmentos de rocas, vegetación, con aire y agua atrapados, formando una masa viscosa o francamente fluida que corre pendiente abajo rápidamente.
- Creep o flujo muy lento. Es diferente a los casos anteriores, pues en éste el suelo y las rocas que contiene fluyen lentamente pendiente abajo, en el que no se define con precisión la superficie de falla.
- Lahar. Es un flujo de suelo o detritos el cual tiene su origen en la ladera de un volcán y es desencadenado generalmente por lluvias intensas que erosionan depósitos volcánicos, por deshielo repentino, actividad volcánica, o bien por ruptura o desbordamiento de represas de agua.

5.1.4.3.1. Índice de peligro por flujos

5.1.4.3.1.1. Metodología y memoria de cálculo para la determinación del peligro por flujos

El análisis del fenómeno de flujos se realizó mediante la aplicación del índice de peligro por flujos, el cual está compuesto por seis indicadores que son: tipo de suelo, tipo de roca, tipo de vegetación y usos de suelo, cauce de arroyos, pendiente y antecedentes históricos. Cada uno de los indicadores se compone de atributos específicos que se valorizaron dependiendo si influyen de manera positiva o negativa en el desencadenamiento de este fenómeno (Tabla V.61).

Las fuentes de las capas de información utilizadas para el análisis fueron diferentes. Para el caso del tipo de suelo y tipo de roca, las capas empleadas fueron la carta edafología y geología del INEGI a escala 1:250,000. El tipo de vegetación y uso de suelo se obtuvo de una digitalización 1:10,000 de una fotografía aérea tomada en 2010 con una resolución de 30 cm. La pendiente tuvo el mismo origen y procesamiento que en los fenómenos de deslizamientos y en caídos y derrumbes. Para el caso del cauce de los arroyos, éstos se digitalizaron utilizando una fotografía aérea y se tomó como base las escorrentías del INEGI escala 1:250,000. Las capas de lluvias para los diferentes periodos de retorno analizados fueron proporcionadas por SEDATU; la información sobre aceleración del terreno para el fenómeno detonante sismos, se generó a partir del Atlas del Estado de Baja California.

Tabla V.61. Indicadores del índice de peligro por flujos y valores asignados.

Factores geotécnicos y ambientales						Factores topográficos e históricos				Factores detonantes					
Tipo de Suelo		Tipo de Roca		Tipo de vegetación y usos de suelo		Escurrecimientos		Pendiente		Antecedentes históricos		Lluvias		Sismos	
Litosol	0.5	Metamórficas	8	Agricultura de temporal	2	8	2	Más de 45°	2	No se sabe	0.3	Mayor a 45	2	1.0 a 2.9	0.5
Feozem	0.5	Sedimentarias	7	Asentamientos humanos	2	7	1.8	35° a 45°	1.8	Algunos someros	0.4	Menor o igual a 45	1	3.0 a 3.9	0.7
Fluvisol	0.5	Ígneas	6	Zona urbana	2	6	1.7	25° a 35°	1.4	Sí, incluso con fechas	0.6			4.0 a 4.9	1
Regosol	0.5			Agricultura de riego	1.5	5	1.6	15° a 25°	1					5.0 a 5.9	1.7
Vertisol	0.25			Pastizal inducido	1.5	4	1.5	Menos de 15°	0.5					6.0 a 6.9	1.9
				Matorral rosetófilo costero	0.8										
				Bosque de encino	0										
				Vegetación de galería	0										
				No aplicable	0										

Al igual que en el análisis de los dos fenómenos anteriores, las capas de información se transformaron en formato ráster para ser sumadas entre sí mediante álgebra de mapas. Los pixeles que se sumaron tuvieron un tamaño de 15x15 metros, tamaño definido de acuerdo al Modelo Digital de Elevación. Las capas que integran el índice de peligro fueron sumadas junto con el factor detonante para obtener un valor final en cada uno de los pixeles que conforman la imagen, como se observa en las siguientes fórmulas:

$$IPF = S + R + VUS + C + 2P + AH + Ll$$

$$IPF = S + R + VUS + C + 2P + AH + SIS$$

Dónde:



IPF= Índice de peligro por flujos

S= Tipo de suelo

R= Tipo de rocas

VUS= Tipo de vegetación y usos de suelo

C= Cauce de arroyos

P= Pendiente

AH= Antecedentes históricos

LI= Lluvias

SIS= Sismos

5.1.4.3.1.1.1. Factores geotécnicos y ambientales

Indicador tipo de suelo (S)

La posibilidad de que un fenómeno de flujos se presente está relacionada con la saturación de los materiales subsuperficiales, por ejemplo algunos suelos absorben agua muy fácilmente cuando son alterados, fracturados o agrietados por un deslizamiento inicial y esta saturación conduce a la formación de un flujo, por lo anterior, los flujos pueden resultar de la alteración de suelos muy sensitivos tales como sedimentos no consolidados (Páez, 2013).

Por lo anterior, se consideró asignar un valor de 0.5 a los suelos que son más susceptibles a ser erosionados, como es el caso de los litosoles, feozems, fluvisoles y regosoles, los cuales son suelos poco consolidados, granulares, medianamente compactos a sueltos. Estos tipos de suelos se pueden reblandecer con la absorción de agua por lo que en condiciones donde existen escorrentías o cuando ocurren lluvias fuertes pueden llegar a presentarse flujos. Por otro lado, en el municipio se presentan suelos que no son tan susceptibles a la erosión como los vertisoles y xerosoles los cuales están compuestos principalmente por arcillas o limos con una pequeña capa de materia orgánica superficial, sin embargo a pesar de sus características aun así pueden llegar a desprenderse y formar flujos por lo que se asignó un valor de 0.25 dentro del indicador (Remitirse a la Tabla V.43 del índice de peligro por deslizamientos).

Indicador tipo de roca (R)

Los flujos se presentan con mayor frecuencia en zonas donde hay materiales rocosos que son susceptibles a ser meteorizados con mayor facilidad. La posibilidad de que se presenten flujos de roca es mayor en donde las rocas ígneas y metamórficas muy fracturadas están presentes, cuando se presenta este tipo de flujos suele ser ligeramente húmedo con velocidades que van de rápidas a muy rápidas (Suarez, 1998).

Cuando se origina un flujo dependiendo de la velocidad de éste, la presencia de rocas sueltas aumenta dependiendo del tipo de roca del que se trate, por ejemplo las rocas de tipo ígneas y sedimentarias son menos propensas a sufrir meteorización que las metamórficas. Las rocas ígneas son duras y muy resistentes y tienen una resistencia al cortante muy alta, por lo que la presencia de materiales sueltos es poco probable como para que sea arrastrado por un flujo por lo que se asignó un valor de 0.4, también las rocas sedimentarias son resistentes pues forman taludes estables sin embargo pueden formarse fracturas paralelas a los taludes en especial en areniscas masivas, por estas razones se asignó un valor de 0.6. Por otro lado, las rocas metamórficas sufren con mayor facilidad meteorización y por lo tanto fracturamiento, dejando elementos sueltos que se pueden incorporar con más facilidad al flujo provocando mayor peligrosidad, por lo que se asignó un valor de 2 (Remitirse a la Tabla V.44 de peligro para el fenómeno de deslizamiento).

Indicador tipo de vegetación y usos de suelo (VUS)



La vegetación cumple un efecto positivo en la estabilización de una ladera pues evita que se presenten procesos de erosión, debido a que todo tipo de vegetación proporciona protección, consistencia y soporte al suelo. Por ejemplo los tipos de vegetación que tienen mayor densidad de follaje amortiguan con mayor eficiencia el efecto de la lluvia sobre el suelo, disminuyendo de esta manera la erosión. Dependiendo de la densidad y el volumen del follaje, éste actuará de colchón protector en contra de los efectos erosivos del agua de las escorrentías (Suárez, 1998).

Al momento de analizar el tipo de vegetación y uso de suelo para evaluar la posibilidad de que se presente un flujo se debe considerar el volumen y densidad del follaje, el tamaño, ángulo e inclinación de las hojas, altura de la cobertura vegetal, sistema radicular, entre otras características. En este estudio se utilizaron las características generales de la vegetación presente en el municipio. Así por ejemplo, los bosque de encino y vegetación de galería que se caracterizan por poseer estructuras radicales fuertes que pueden ayudar a dar soporte al suelo ya que el follaje en estos tipos de vegetación tiene mayor cobertura se asignó un valor de 0, pues es menos probable que exista un evento de flujo en estas zonas pues la vegetación previene la erosión del suelo. Seguido de este tipo de vegetación, se encuentran el chaparral y el matorral rosetófilo costero, que si bien es vegetación con estructuras más grandes que los pastos, su estructura foliar no evita del todo que el efecto erosivo de la lluvia actúe sobre el suelo, por lo que se asignó un valor de 0.8. La agricultura de riego y el pastizal inducido son tipos de vegetación en los cuales las estructuras vegetales no ayudan del todo a prevenir la erosión, por lo que en el caso de que lluvias fuertes se presenten en el municipio, puede existir la posibilidad de que se presenten flujos, por lo que se asignó un valor de 1.5. Finalmente, en zonas donde está presente la agricultura de temporal es más probable que el suelo se erosione debido a que la mayor parte del año no existe vegetación que dé soporte y protección al suelo, así mismo sucede en las zonas donde existen asentamientos humanos y zonas urbanas, pues prácticamente la vegetación en estas zonas es nula, por ello se asignó un valor de 2. Los valores asignados a cada tipo de vegetación se presentan en la Tabla V.45 del apartado de deslizamientos.

Indicador escurrimientos (C)

Las lluvias intensas y de corta duración, pueden originar una rápida escorrentía que al mezclarse con sedimentos de variada granulometría y abundantes partículas arcillosas, dan lugar a flujos de detritos (Johnson y Rodine, 1984). Con las lluvias, las rocas que están expuestas a la intemperie son destruidas física y químicamente, y el suelo es erosionado, por lo que sus componentes son transportados en disolución o llevados en suspensión por las escorrentías de las laderas, generándose los flujos.

En este estudio se consideraron los escurrimientos como parte fundamental para evaluar los eventos de flujos en una ladera. Una forma de clasificar a los arroyos es de acuerdo a su magnitud de orden, es decir, los arroyos más pequeños permanentes son llamados de primer orden. Cuando dos arroyos de primer orden se unen para formar otro de mayor tamaño, el resultante se convierte en uno de segundo orden, dos corrientes de segundo orden forman uno de tercero y así sucesivamente (Strahler, 1964).

La información utilizada para evaluar el fenómeno de flujos se generó a partir de la digitalización de los escurrimientos del municipio basada en la información del orden de los arroyos que se encuentra en la capa del INEGI, de esta manera se sabía a qué orden pertenecía cada arroyo llegando a digitalizar hasta el cuarto orden. De acuerdo al orden de los arroyos se definió la relación que existe entre éstos y los flujos, por lo que los arroyos que tienen un orden mayor es más probable que originen flujos de mayor impacto que en arroyos de menor orden. A los arroyos se les asignó un valor de acuerdo a esta posibilidad ya que es más probable que acarrean mayores cantidades de agua y elementos de suelo y roca. Por lo que, los arroyos que tienen orden ocho se les asignó un valor de 2, los de orden siete un valor de 1.8, los de orden seis un valor de 1.7, los de orden cinco un valor de 1.6 y finalmente un valor de 1.5 a los arroyos que de orden cuatro (Tabla V.62).

Tabla V.62. Valores asignados a los arroyos dependiendo del orden al que pertenecen.

Escurrimiento (orden)	Valor
8	2
7	1.8
6	1.7
5	1.6
4	1.5





5.1.4.3.1.1.2. Factores topográficos e históricos

Indicador pendiente (P)

Al igual que en los fenómenos anteriores, al aumentar la pendiente de los taludes aumenta la posibilidad de que se desencadenen flujos. Cuando las pendientes de una ladera son fuertes, se convierten en elementos importantes que propician los flujos, pues pueden provocar que estos eventos aumenten su velocidad pendiente abajo y sean aún más impactantes debido a que pueden alcanzar mayor velocidad y fuerza.

En este caso, la valoración de las pendientes se asignó de la misma manera que en los fenómenos de deslizamientos y en caídos y derrumbes, esto es que a las pendientes con ángulos de inclinación mayores a 45° tuvieron un valor de 2, las que se encuentran entre los 35° y 45° un valor de 1.8, entre 25° y 35° un valor de 1.4, entre 15° y 25° se asignó el valor de 1, y finalmente se fijó un valor de 0.5 a las laderas con pendientes menores a 15° (Remitirse a la Tabla V.46 de pendientes del aparatado de deslizamientos).

A este indicador se le asignó un peso mayor dentro de la formula final de peligro, ya que es un parámetro con alta influencia en la probabilidad de ocurrencia de fenómenos relacionados con movimiento de masas. Es así que la pendiente se consideró como un factor condicionante dos veces más importante que el resto de los factores evaluados, por lo que el valor asignado en función de la pendiente de la ladera fue multiplicado por dos para obtener el resultado final, como se mostró anteriormente en la fórmula del índice de peligro del fenómeno de sismos.

Indicador antecedentes históricos (AH)

Como se menciona en los apartados anteriores de inestabilidad de ladera, adicional a los valores geotécnicos y topográficos se tomaron en consideración los datos históricos de los diferentes eventos sucedidos en el pasado, para tener un panorama general de la recurrencia de los mismos, las causas que los desencadenan, identificar las zonas susceptibles, así como los daños que estos ocasionaron.

Las evidencias históricas nos indican zonas que son propensas a sufrir algún daño resultante de un fenómeno perturbador, además muestra que estas zonas tienen alta probabilidad de que los daños y condiciones que se presentaron anteriormente se pudieran generar una vez más en el futuro.

En el apartado de factores topográficos e históricos del fenómeno de deslizamiento se puede consultar a detalle la metodología empleada.

5.1.4.3.1.1.3. Factores detonantes

Los fenómenos considerados como factores detonantes para la totalidad de fenómenos de inestabilidad de ladera analizados en el presente atlas, corresponde a lluvias para periodos de retorno de 2, 5, 20, 50 y 100 años y sismos con periodo de retorno de 50 años y una probabilidad de excedencia de 2%.

La metodología empleada para los factores detonantes en el fenómeno de flujos corresponde a la descrita en el fenómeno de deslizamientos, por lo que no se describe en este apartado. Para conocer a detalle el procedimiento para su evaluación es necesario remitirse al apartado “Metodología y memoria de cálculo para la determinación del peligro por deslizamientos, factores detonantes”.



5.1.4.3.1.2. Resultados del análisis

Flujo por lluvias con periodos de retorno de 2 años

En el análisis realizado en el municipio del fenómeno de flujos con precipitaciones abajo del valor umbral y un periodo de retorno de 2 años como factor detonante se tiene que del 100% de la población que reside en las manzanas urbanas el 78.33% (59,604 habitantes) se ubica en zonas donde el peligro por flujos es bajo y el 21.67% (16,493 habitantes) en zonas con peligro por flujos muy bajo. Las manzanas que se encuentran en zonas con peligro bajo y muy bajo son 1,590 y 445 respectivamente. Se destaca que no hay manzanas urbanas ubicadas en zonas con peligro medio, alto y muy alto (Tabla V.63).

Tabla V.63. Población del municipio Playas de Rosarito ubicada en zonas en alguna categoría de peligro por flujos con lluvias para periodo de retorno de 2 años.

Peligro	Población	%	Manzanas	%
Muy alto	0	0.00	0	0.00
Alto	0	0.00	0	0.00
Medio	0	0.00	0	0.00
Bajo	59,604	78.33	1,590	78.13
Muy bajo	16,493	21.67	445	21.87
Total	76,097	100.00	2,035	100.00

Flujo por lluvias con periodos de retorno de 5, 20, 50 y 100 años

En el análisis del fenómeno de flujos con precipitaciones arriba del valor umbral y periodos de retorno de 5, 20, 50 y 100 años como factor detonante, se tiene que del 100% de la población el 99.37% (75,620 habitantes) se ubica en zonas donde el peligro por flujos es bajo, el 0.53% (400 habitantes) residen en zonas con peligro medio y 0.10% (77 habitantes) en zonas con peligro muy bajo. Las zonas con peligro por flujo alto cuando el factor detonante es una precipitación arriba del umbral se ubican en lugares donde hay escorrentías de mayor orden (Tabla V.64).

Tabla V.64. Población del municipio Playas de Rosarito ubicada en zonas en alguna categoría de peligro por flujos con lluvias para periodo de retorno de 5, 20, 50 y 100 años.

Peligro	Población	%	Manzanas	%
Muy alto	0	0.00	4	0.20
Alto	0	0.00	0	0.00
Medio	400	0.53	11	0.54
Bajo	75,620	99.37	2,016	99.07
Muy bajo	77	0.10	4	0.20
Total	76,097	100.00	2,035	100.00

Flujo por lluvias con periodos de retorno de 5, 20, 50 y 100 años





En el análisis del fenómeno de flujos con sismos con un periodo de retorno de 50 años y una probabilidad de excedencia del 2% como factor detonante, se tiene que del 100% de la población el 99.37% (75,620 habitantes) se ubica en zonas donde el peligro por flujos es bajo, el 0.53% (400 habitantes) reside en zonas con peligro medio y 0.10% (77 habitantes) en zonas con peligro muy bajo. Cabe resaltar que las zonas donde hay zonas con peligro alto por flujos están confinadas a zonas donde hay escorrentías de alto orden (Tabla V.65).

Tabla V.65. Población del municipio Playas de Rosarito ubicada en zonas en alguna categoría de peligro por flujos con sismos.

Peligro	Población	%	Manzanas	%
Muy alto	0	0.00	4	0.20
Alto	0	0.00	0	0.00
Medio	400	0.53	11	0.54
Bajo	75,620	99.37	2,016	99.07
Muy bajo	77	0.10	4	0.20
Total	76,097	100.00	2,035	100.00

5.1.4.3.1.3. Ponderación del peligro

Los valores del peligro en el caso de flujos fueron categorizados de acuerdo a la información mostrada en la Tabla V.66.

Tabla V.66. Categorías del peligro flujos.

Categoría	Valor
Muy alta	Mayor a 9.12
Alta	7.76 a 9.12
Media	6.39 a 7.75
Baja	4.47 a 6.38
Muy baja	0 a 4.46

5.1.4.3.1.4. Peligro por flujos

En el análisis de inestabilidad de laderas como se indicó en el apartado de metodología y memoria de cálculo del fenómeno de sismos se asignaron dos valores al factor detonante de lluvias para evaluar su efecto en estos fenómenos. Es así que se asignó el valor 1 a lluvias que estuvieran en el umbral o debajo de él, es decir 45 mm por día, y un valor de 2 a lluvias por encima del valor umbral. Por lo anterior los deslizamientos, caídos y derrumbes al igual que flujos con el factor detonante de lluvia ya sea para periodo de retorno de 5, 20, 50 o 100 años son mostrados en un mismo mapa dado que en el análisis realizado las lluvias con estos periodos de retorno sobrepasan el valor umbral de 45 mm por día, por lo que el resultado sería el mismo en todos los casos por ello se consideró que no es necesario mostrar mapas que reflejaran la misma información.

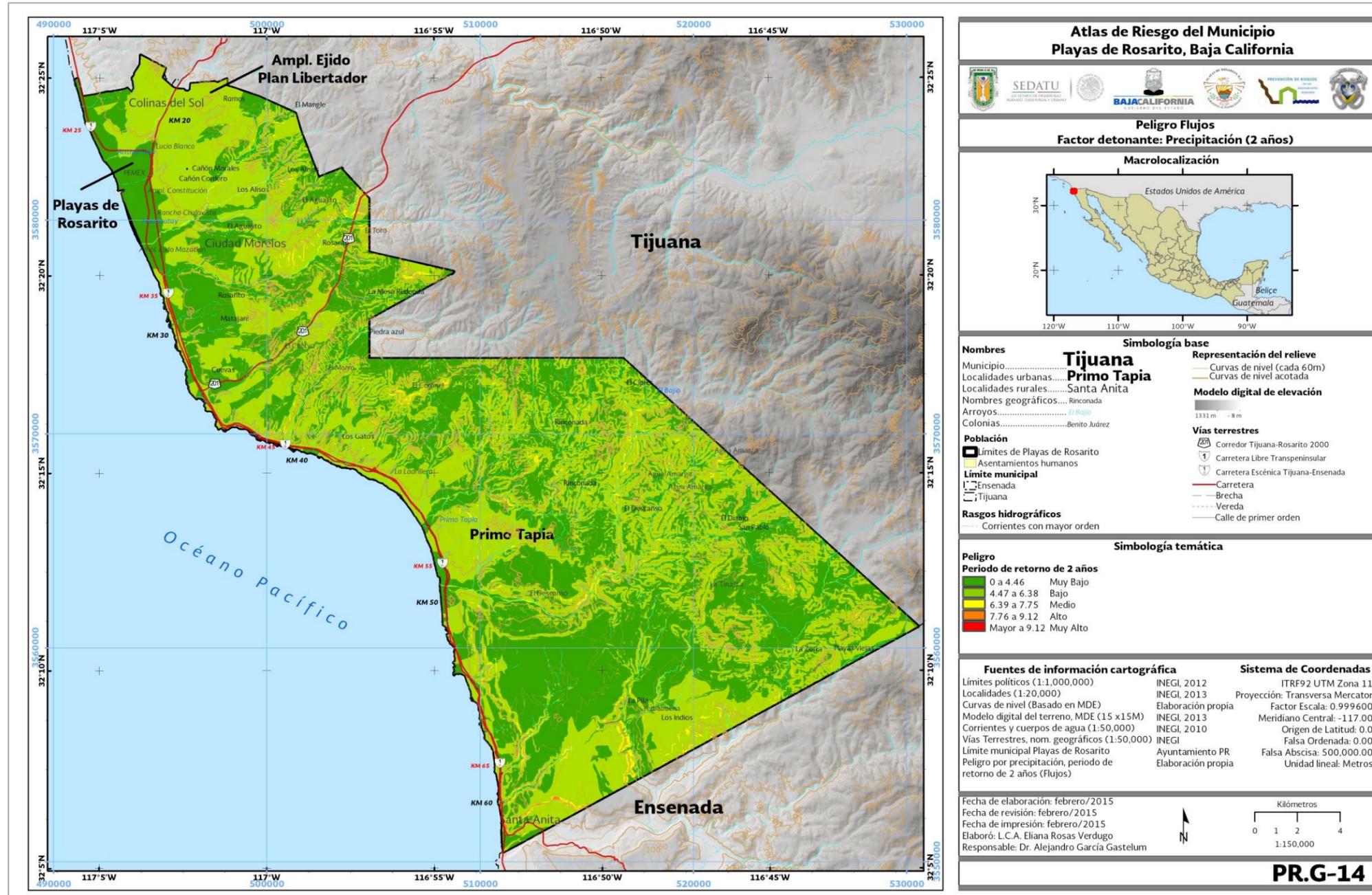


Figura V.17. Índice de peligro por flujos, factor detonante lluvias para periodo de retorno de dos años.

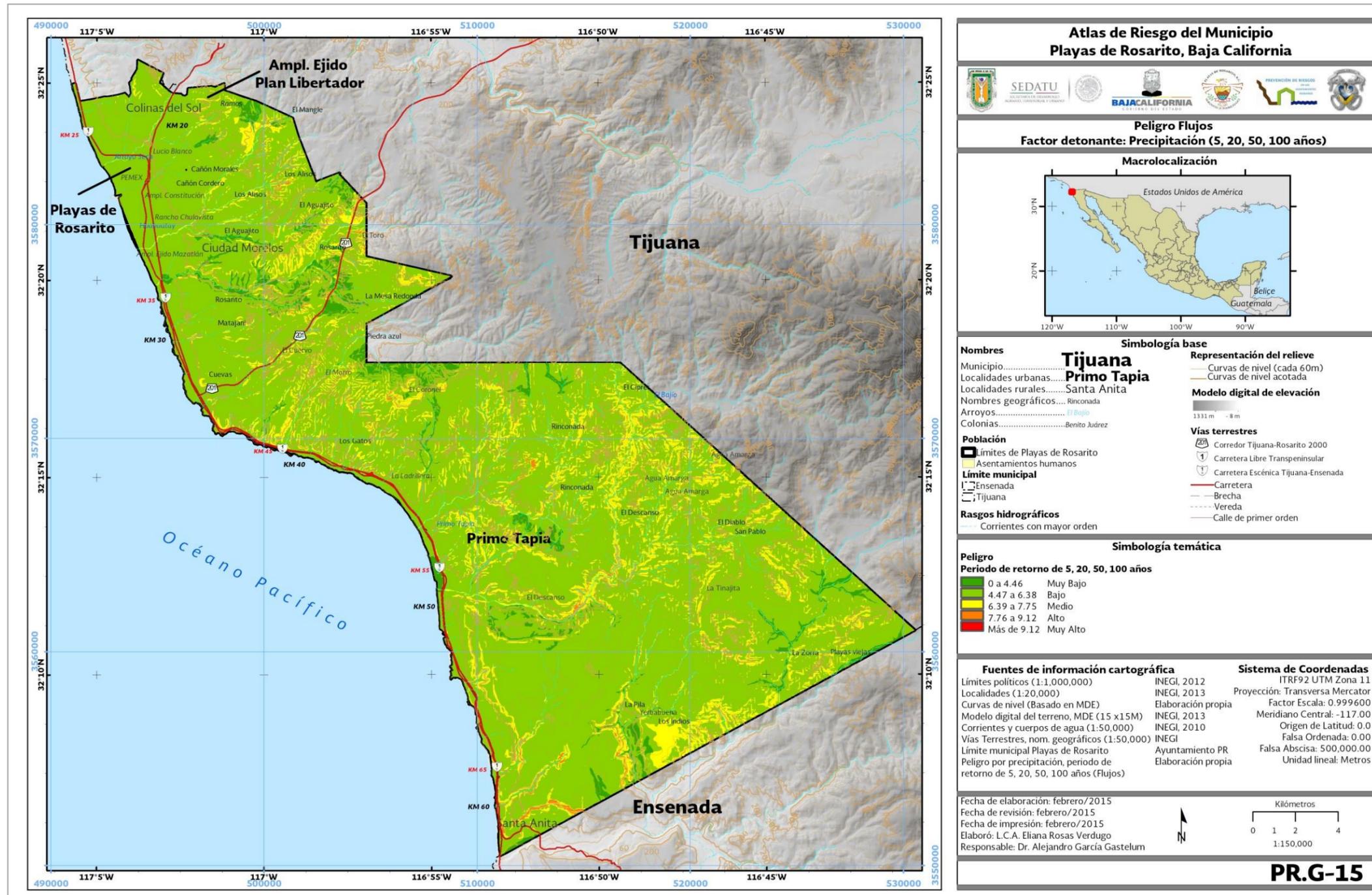


Figura V.18. Índice de peligro por flujos, factor detonante lluvias para periodos de retorno de 5, 20, 50 y 100 años.

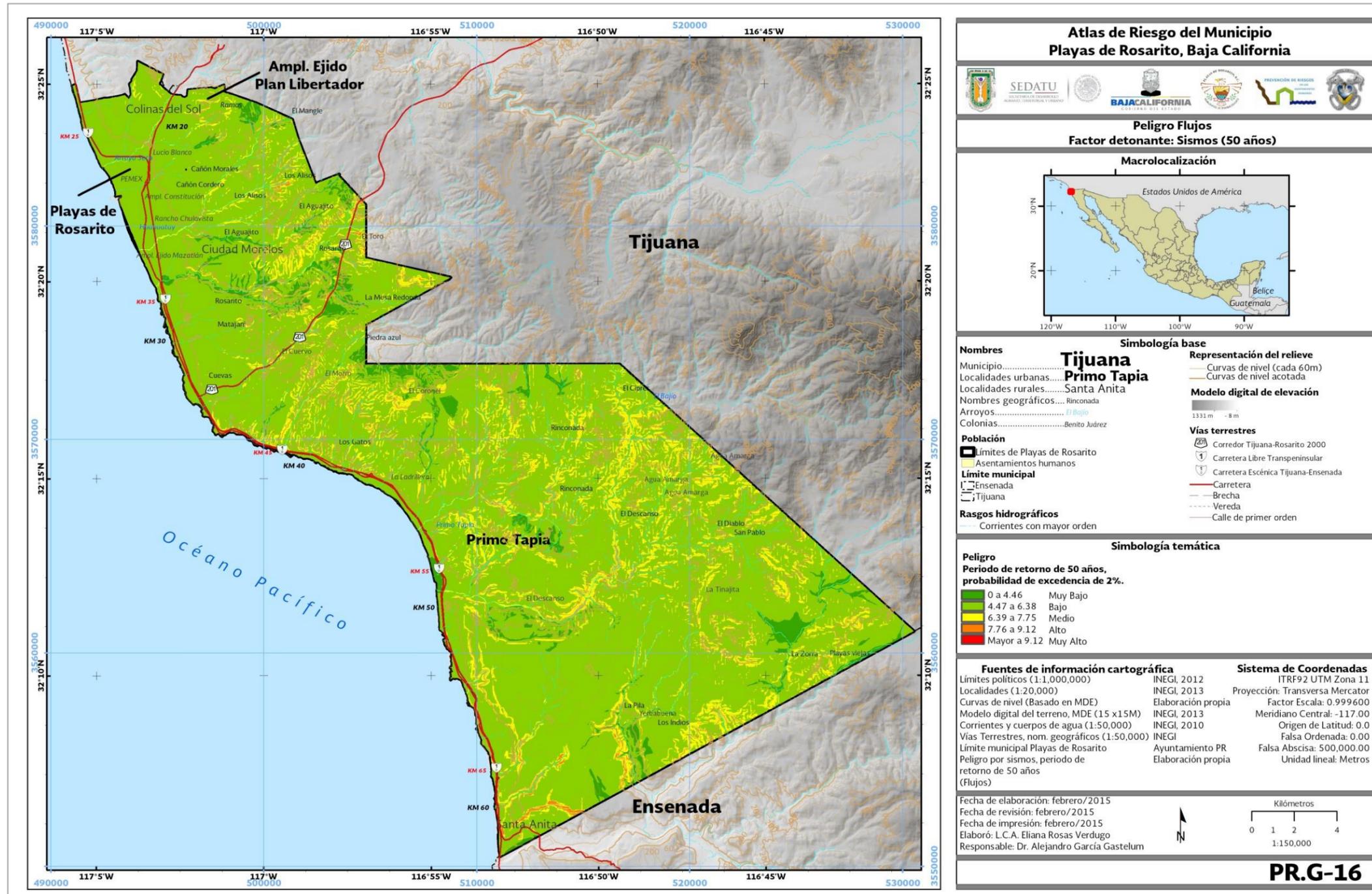


Figura V.19. Índice de peligro por flujos, factor detonante sismos para periodos de retorno de 50 años.



En la mayor parte de la extensión del municipio Playas de Rosarito el peligro por flujos es principalmente bajo cuando los factores condicionantes son lluvias por arriba del valor umbral de 45 mm por día y sismos con un rango entre los 5 y 6.9 grados Richter. Cuando las precipitaciones se encuentran por debajo del umbral entonces el escenario por flujos en el municipio cambia, y resulta en un peligro por este tipo de fenómeno muy bajo y bajo principalmente. Por lo anterior se puede argumentar que este fenómeno no representa un peligro considerable a gran escala. No obstante, hay zonas puntuales en donde resaltan sitios con peligro de alto grado, como las que están ubicadas en las cañadas El Mangle, Los Alisos, Rosarito, el Morro, cerro El Cornel, El Descanso, Alisitos, Yerbabuena y La Misión.

En la Figura V.19 donde se muestra el mapa de peligro por flujos, con un sismo entre 5 y 6.9 grados Richter con un periodo de retorno de 50 años y una probabilidad de excedencia de 2%, se observa que prácticamente en la totalidad del municipio el peligro por flujos no va más allá de bajo y los lugares en los cuales es medio y alto se encuentran en zonas donde las pendientes son fuertes, principalmente en cañadas y cañones. En la cañada Los Alisos y El Mangle se encuentran zonas en las cuales el peligro es alto, pues los factores condicionantes hacen que la zona sea susceptible a los flujos, es decir se presenta un tipo de suelo vertisol, rocas sedimentarias, agricultura de temporal y pendientes que oscilan en los 30°. Entre las cañadas El Aguajito y Rosarito también hay remanentes donde se presenta peligro por flujos alto; en estas zonas el tipo de suelo es vertisol, rocas sedimentarias, la vegetación presente en la zona es agricultura de temporal la cual es uno de los factores que tiene mayor valor dentro del índice de peligro por flujos, las pendientes oscilan entre los 30° y no hay escorrentías de alto orden que desencadenen un flujo, aunque pueden existir aquellas de menor orden. En el cerro El Coronel, hay zonas en las cuales el peligro es medio principalmente y alto; las condiciones del terreno son las siguientes: el tipo de suelo es litosol, las rocas son de origen sedimentario, la vegetación presente es galería, y la pendiente donde el peligro es alto oscila entre los 36°. La siguiente zona en donde resaltan lugares con valores altos es la que se encuentra en La Misión, en esta área el suelo predominante es regosol, el cual propicia los eventos de flujos; las rocas que prevalecen son las de origen ígneo, particularmente ígneas extrusivas; el uso de suelo es de agricultura de temporal, lo que indica que este tipo de suelo es fácilmente erosionable lo cual puede provocar que se lleguen a presentar flujos.

En el caso de un escenario donde el factor detonante son lluvias superiores al umbral de 45 mm por día, con periodos de retorno de 5, 20, 50 y 100 años de retorno, las zonas que resaltan con peligro alto se encuentran al oeste de La Rinconada, entre El Descanso y La Viña, y al sur del municipio en La Misión (Figura V.19). En la zona de La Rinconada el tipo de suelo que predomina es litosol, las rocas son de origen sedimentario, el tipo de vegetación es chaparral y matorral costero, además la pendiente, que es uno de los principales factores que influyen para que se desarrollen flujos, está en los 40°. En la zona que se ubica entre El Descanso y La Viña el suelo es principalmente regosol, las rocas son de origen ígneo y sedimentario, la vegetación es chaparral y matorral costero, las pendientes también son fuertes llegando a alcanzar los 40°, aunado a lo anterior existe un arroyo, que tiene un orden alto. Finalmente en este escenario, hay una zona al sur del municipio donde hay peligro alto por flujos, La Misión. Las colonias en esta zona son Río La Misión, Fraccionamiento Misión Vieja de San Miguel, en las cuales el tipo de suelo que se presenta es regosol, las rocas son ígneas, la vegetación que se presenta es agricultura de temporal que es un factor importante en el desarrollo de flujos por ser fácilmente erosionable, y las pendientes son de 40°.

El escenario en el cual el factor detonante de flujos en el municipio es una lluvia que no sobrepasa el valor umbral de 45 mm por día se muestra en la Figura V.17, en la que se observa que principalmente el peligro por flujos es muy bajo y bajo. Las zonas en las cuales el peligro es alto se focalizan en sitios donde las pendientes son fuertes y hay presencia de escorrentías de alto orden, por ejemplo en el arroyo Seco, Huahuatay, Rosarito, el arroyo que recorre las cañadas La Rinconada, El Descanso, La Pila y el peligro por flujos muy alto se encuentra en La Misión.

El arroyo Seco, ubicado al norte del municipio, recorre las colonias Plan Libertador, Benito Juárez, Rosamar, Independencia y Ampliación Reforma, en él existe peligro por flujos alto. Las características que se relacionan para que se presente este grado de peligro son: en primer lugar el nivel del arroyo que recorre la zona es de cuarto orden, el suelo es predominantemente vertisol, las rocas son areniscas, en la zona los asentamientos humanos son el uso de suelo presente y la pendiente es menor a los 15°, elementos que en conjunto favorecen los eventos de flujos. En el arroyo Huahuatay existen las siguientes características en el terreno: el tipo de suelo es vertisol, las rocas son de tipo ígneas, la vegetación que predomina donde el peligro es alto es agricultura de temporal y asentamientos humanos y las pendientes son menores a 15°. Respecto al orden del arroyo, éste tiene diferentes órdenes; las escorrentías que están en las cañadas El Mangle y Los Alisos tienen un orden cuatro, mientras que la parte del arroyo que está en las colonias Villas Siboney, Eduardo Crosthwaite, Machado Sur, Plaza del Sol y Basso tiene un orden cinco. Aunque el orden del arroyo es mayor en la parte donde están las colonias anteriores, es importante resaltar que se involucran los diferentes indicadores en el



análisis, por lo cual en esas colonias hay evidencias de peligro por flujos alto. Aguas arriba del arroyo Rosarito considerando la región donde el peligro es bajo se tiene que el suelo predominante es vertisol, las rocas son sedimentarias, el tipo de vegetación corresponde a asentamientos humanos principalmente, y las pendientes están entre los 15° y 25°. En el cañón, donde el peligro es alto, no existen arroyos; sin embargo, el hecho de que las condiciones anteriores estén presentes es indicio de que pueden llegar a presentarse eventos de flujos cuando fuertes lluvias caigan sobre la zona. La última zona que destaca en el mapa, por la presencia de peligro muy alto es La Misión, en esta área existen características que hacen que se puedan llegar a presentar flujos cuando se registre una lluvia intensa, por ejemplo, el hecho de que exista un tipo de suelo regosol el cual según la evidencia es propenso a que se erosione, las rocas sean ígneas de tipo andesita y basalto, que el suelo carezca de estructuras vegetales adecuadas que proporcionen suficiente soporte, finalmente las pendientes de 25° a 45°, aumentan el nivel de peligro. Aunque no hay arroyos en la zona donde el peligro es muy alto, las características anteriores propician los flujos.

5.1.4.3.1. Índice de exposición física ante flujos

5.1.4.3.1.1. Metodología y memoria de cálculo para la determinación de la exposición física ante flujos

En el caso de la exposición de los tres fenómenos de inestabilidad de laderas que se analizan en el presente documento, ésta fue determinada empleando el mismo modelo que para el fenómeno de sismos puesto que los subíndices que componen el índice de exposición se adecuan a cualquiera de ellos ya que los fenómenos presentan características similares, por lo que para conocer a detalle la metodología empleada para la determinación de este índice es necesario remitirse al apartado “Índice de exposición física ante sismos”.

5.1.4.3.1.2. Resultados del análisis

La exposición física de los tres fenómenos de inestabilidad de laderas es la misma que para el fenómeno de sismos por lo que no se describe en este apartado. Para conocer a detalle los resultados es necesario remitirse al apartado “Índice de exposición física ante sismos” subapartado “Resultados del análisis”.

5.1.4.3.1.3. Ponderación de la exposición física

En el caso de la exposición de los tres fenómenos de inestabilidad de laderas que se analizan en el presente documento, ésta fue determinada empleando el mismo modelo que para el fenómeno de sismos, por lo que para conocer a detalle la metodología empleada para la ponderación de este índice es necesario remitirse al apartado “Índice de exposición física ante sismos” subapartado “Ponderación de la exposición física”.

5.1.4.3.1.4. Exposición física ante flujos

La exposición física de los fenómenos de inestabilidad de laderas analizados en este atlas de riesgo es la misma que para el fenómeno de sismos por lo que no se describe en este apartado. Para conocer a detalle la exposición física ante deslizamientos es necesario remitirse al apartado “Índice de exposición física ante sismos” subapartado “Exposición física ante sismos”.



5.1.4.3.2. Índice de vulnerabilidad social ante flujos

5.1.4.3.2.1. Metodología y memoria de cálculo para la determinación de la vulnerabilidad social ante flujos

La vulnerabilidad social para todos los agentes perturbadores que se evalúan en el presente atlas corresponde a la desarrollada en el fenómeno de sismos, por lo que no se describe en este apartado. Para conocer a detalle el procedimiento para su evaluación es necesario remitirse al apartado “Metodología y memoria de cálculo para la determinación de la vulnerabilidad social ante sismos”.

5.1.4.3.2.2. Resultados del análisis

La vulnerabilidad social ante flujos es la misma que para el fenómeno de sismos por lo que no se describe en este apartado. Para conocer a detalle los resultados es necesario remitirse al apartado “Índice de vulnerabilidad social ante sismos” subapartado “Resultados del análisis”.

5.1.4.3.2.3. Ponderación de la vulnerabilidad social

La vulnerabilidad social para todos los agentes perturbadores que se analizan en el presente documento fue determinada empleando el mismo modelo que para el fenómeno de sismos, por lo que para conocer a detalle la metodología empleada para la ponderación de este índice es necesario remitirse al apartado “Índice de vulnerabilidad social ante sismos” subapartado “Ponderación de la vulnerabilidad social”.

5.1.4.3.2.4. Vulnerabilidad social ante caídos y derrumbes

Los resultados de la vulnerabilidad social corresponden a los puntualizados en el “Índice de vulnerabilidad social ante sismos” por lo que no se describen en este apartado. Para conocer a detalle la vulnerabilidad social en el municipio de Playas de Rosarito es necesario remitirse a la “Vulnerabilidad social” del apartado antes mencionado.



5.1.5. Hundimientos

Los hundimientos son manifestaciones del terreno en donde su superficie desciende en zonas amplias o en áreas de una región. La mayor parte de las veces los hundimientos están relacionados con la explotación excesiva de los acuíferos, esto se traduce en el abatimiento de la presión en el agua del subsuelo, por lo que se hace una compresión volumétrica por el constante proceso de consolidación (hundimiento regional).

También son causados por el colapso de la superficie del terreno en zonas que presentan huecos o cavidades producidas por obras subterráneas, erosión interna (hundimiento local) o karsticidad. Cuando se presenta un evento de este tipo, normalmente es súbito y devastador. Este fenómeno no afecta de manera directa a las personas, pero sí de manera significativa a sus bienes (CENAPRED, 2006).

Los hundimientos se presentan en los valles que están en cuencas que fueron rellenadas con depósitos de suelos lacustres, aluviales, aluvio-lacustres y fluviales; en estos casos los depósitos están constituidos por finas partículas de suelo, por lo general arcillas, limos o una mezcla de suelo fino con arena y grava. Los hundimientos también se pueden manifestar en áreas con rellenos no compactados como zonas con depósitos de arena sueltas no confinadas y en zonas pantanosas con alto contenido de materia orgánica (CENAPRED, 2006).



De acuerdo a CENAPRED (2006), este fenómeno es difícil de predecir, pues se requiere tener completo conocimiento de las propiedades mecánicas de resistencia y deformación del subsuelo, de su distribución estratigráfica, de las variaciones o anomalías subterráneas, de la determinación de la forma y distribución del basamento, del nivel freático y de su variación con el tiempo, de la determinación de las propiedades hidráulicas del terreno, entre otras.

5.1.5.1. Índice de amenaza por hundimientos

5.1.5.1.1. Metodología para la determinación de la amenaza por hundimientos

La metodología que se siguió para analizar este fenómeno fue la siguiente: se realizó una revisión bibliográfica acerca de los eventos de hundimientos que se han presentado en el municipio, así como antecedentes de estudios realizados. Se identificó la presencia de modificaciones antrópicas subterráneas. Se obtuvo la cartografía de la geología, topografía, fallas y fracturas, hidrografía subterránea, información del número de pozos, tipos de suelo del municipio y el modelo digital de elevación de la zona o región para identificar los posibles sitios en los que se pueden presentar hundimientos.

Aunado a lo anterior, con la participación de la sociedad en el taller que se realizó, se recolectó información acerca de la presencia o ausencia de este fenómeno en el municipio de acuerdo a las vivencias de la población, esto para fortalecer la metodología acerca del registro de evidencia histórica.

5.1.5.1.2. Resultados del análisis

Los fenómenos asociados a hundimientos no representan una amenaza relevante para el municipio.

5.1.5.1.3. Ponderación de la amenaza

Los fenómenos asociados a hundimientos no representan una amenaza relevante para el municipio por lo que no se realizó una ponderación.

5.1.5.1.4. Amenaza por hundimientos

La participación de la sociedad en el taller realizado, reveló que el único caso de supuesto hundimiento fue local y muy pequeño, debido aparentemente a una modificación antrópica subterránea producida por la extracción de una sección de la tubería en una vía pública.

La revisión bibliográfica acerca de los eventos de hundimientos que se han presentado en el municipio, así como los datos del Atlas de Riesgo Nacional, nos permiten concluir que en el caso del municipio de Playas de Rosarito no se ha encontrado evidencia de registros del fenómeno tanto de hundimiento local como regional, relacionado a la sobreexplotación del recurso agua o a la karsticidad (Figura V.20 y Figura V.21), y que no representan una amenaza relevante para el municipio.

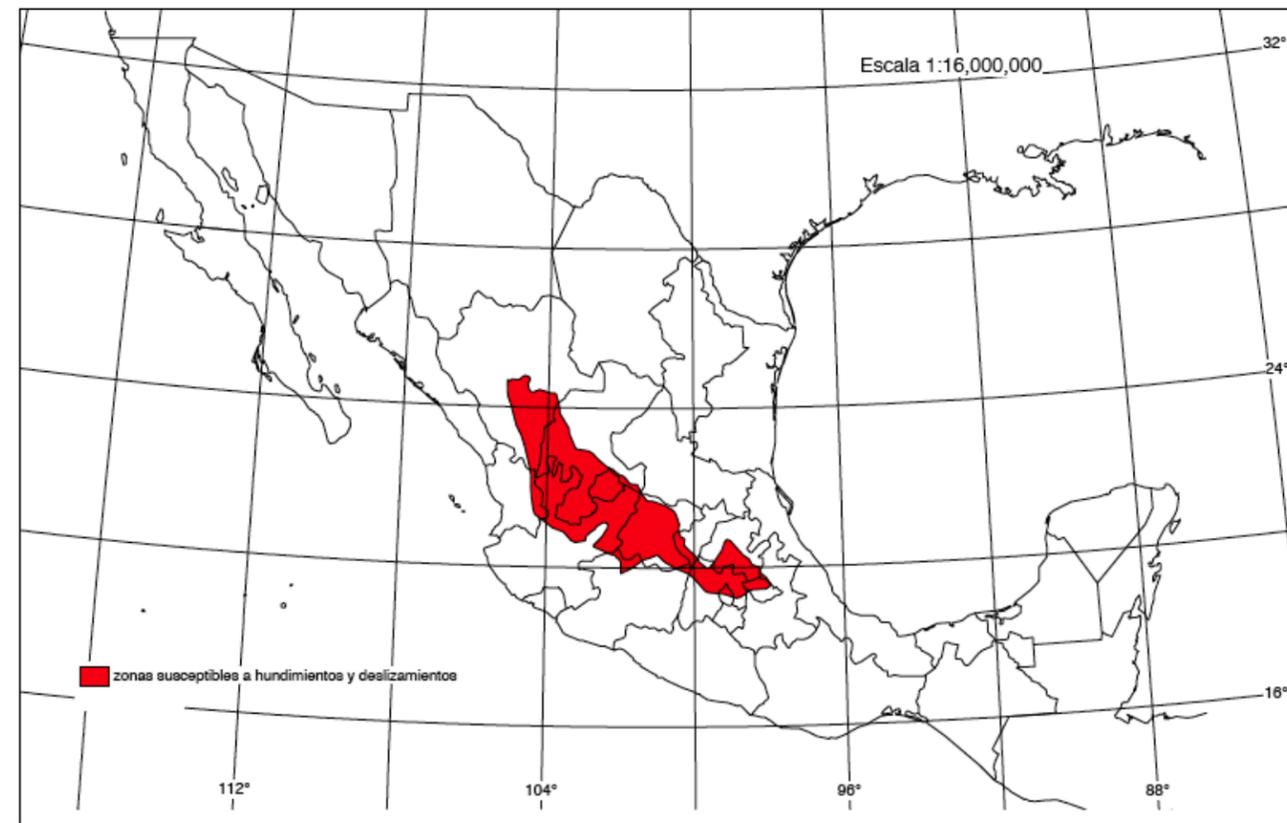


Figura V.20. Hundimientos regionales y agrietamientos por sobreexplotación de acuíferos.

Fuente: CENAPRED, 2001.

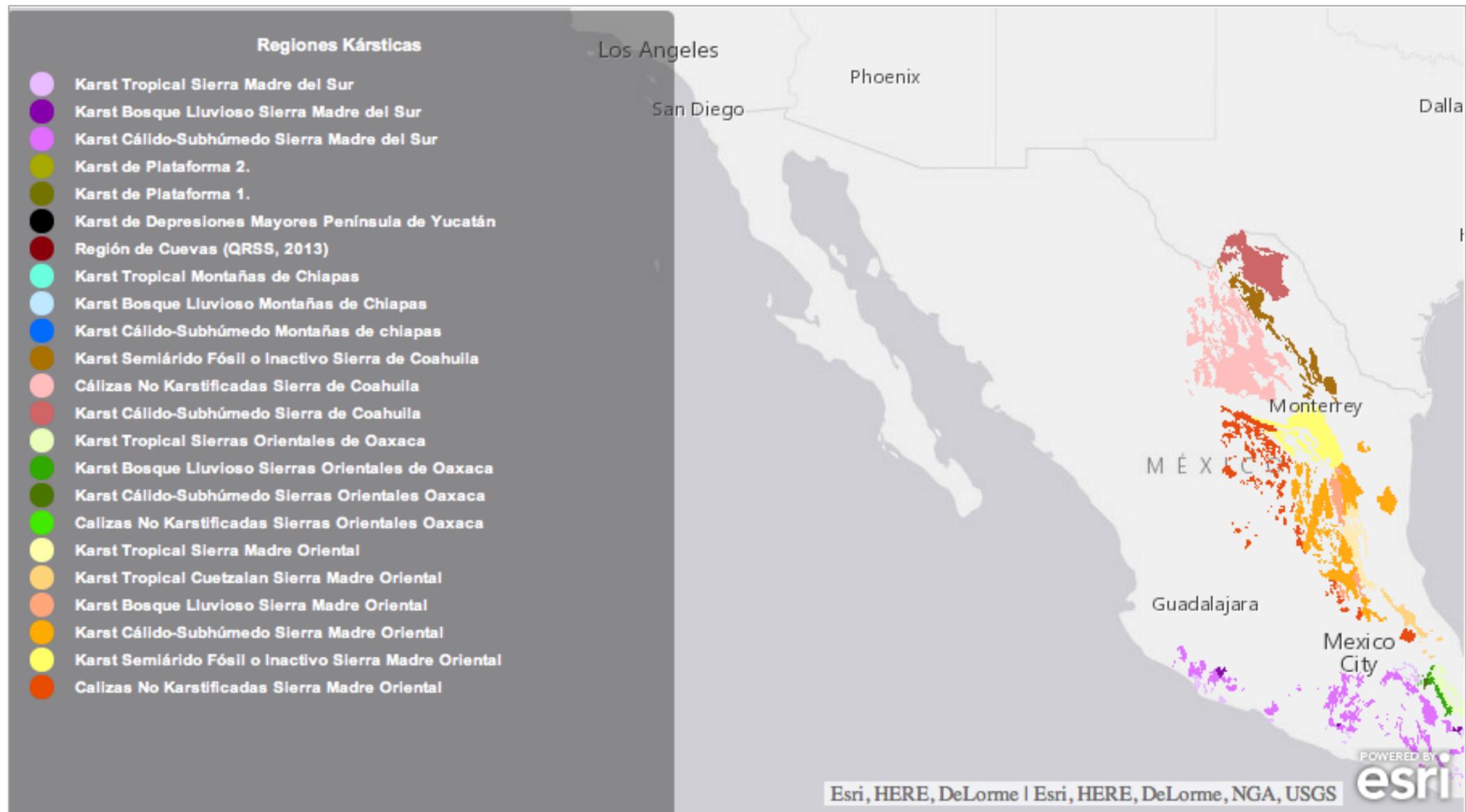


Figura V.21. Regiones con riesgo de hundimiento por karsticidad.

Fuente: CENAPRED, 2015.

5.1.6. Subsistencia

De acuerdo al glosario de términos de las Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos (BEEAR) y Catálogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo (SEDATU, 2014), la subsidencia es el movimiento descendente (deformación) lento o repentino de la superficie natural del terreno y es sinónimo de hundimiento. Dependiendo de su origen y de la forma en que ocurre puede ser local o regional, y se mide en centímetros o metros.

Debido a que la subsidencia está ligada a los hundimientos se consideró en el apartado del fenómeno de hundimientos.

5.1.7. Agrietamientos

Los agrietamientos del terreno se manifiestan mediante una serie de desplazamientos verticales y horizontales del subsuelo en un área amplia y son resultado del hundimiento regional causado por la extracción excesiva del agua subterránea a través de bombeo profundo, generalmente con fines de abastecimiento urbano, industrial o agrícola (CENAPRED, 2001).

Debido a que los agrietamientos son originados por hundimientos regionales se consideró en el apartado del fenómeno de hundimientos.

5.1.8. Fallas y fracturas

El Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), define a las fallas como superficies de ruptura de la corteza terrestre, en donde han ocurrido movimientos diferenciales paralelos entre dos bloques. De manera general las fallas y fracturas son deformaciones discontinuas a la escala del afloramiento cuyos planos de ruptura separan dos bloques, en las fallas dichos bloques pueden desplazarse el uno respecto al otro. Las fracturas representan una traza del plano de ruptura de la roca sin desplazamiento de los bloques que separa (INEGI, 2000).

Existen fallas activas y pasivas, la fallas activas son aquellas que se han localizado en focos de sismos o que se tiene evidencia de que en tiempos históricos ocurrieron desplazamientos, que pueden variar de centímetros a kilómetros dependiendo del tiempo que la falla se ha mantenido activa que pueden ser periodos de años hasta miles y millones de años, durante un temblor grande los desplazamientos son de uno o dos metros (CENAPRED, 2006).

Existe otra clasificación de acuerdo a su movimiento, que las divide en fallas normales, inversas y de desgarre o desplazamiento de rumbo. Las fallas normales son las que se generan por tensión horizontal, las fuerzas inducidas en la roca son perpendiculares a la línea de ruptura superficial, y el movimiento es vertical respecto al plano de falla que se presenta mayormente con un ángulo de 60° respecto a la horizontal. El movimiento preferentemente horizontal y el plano de falla con 30° respecto a la horizontal, a este movimiento se le conoce como falla inversa. Las fallas de desgarre, se desarrollan a lo largo de planos verticales y el movimiento de los bloques es horizontal, se presentan mayormente en límites transformantes de placas tectónicas.

La península de Baja California forma parte de la placa Pacífico, que se desplaza hacia el Noroeste con respecto a la placa Norteamericana. El norte de Baja California ha sido afectado desde el Plioceno por fallas laterales dextrales. El movimiento general de estas fallas está gobernado por el sistema San Andrés-Golfo de California en donde se han identificado fallas que pueden generar sismos hasta de magnitud siete (Cruz-Castillo, 2002).

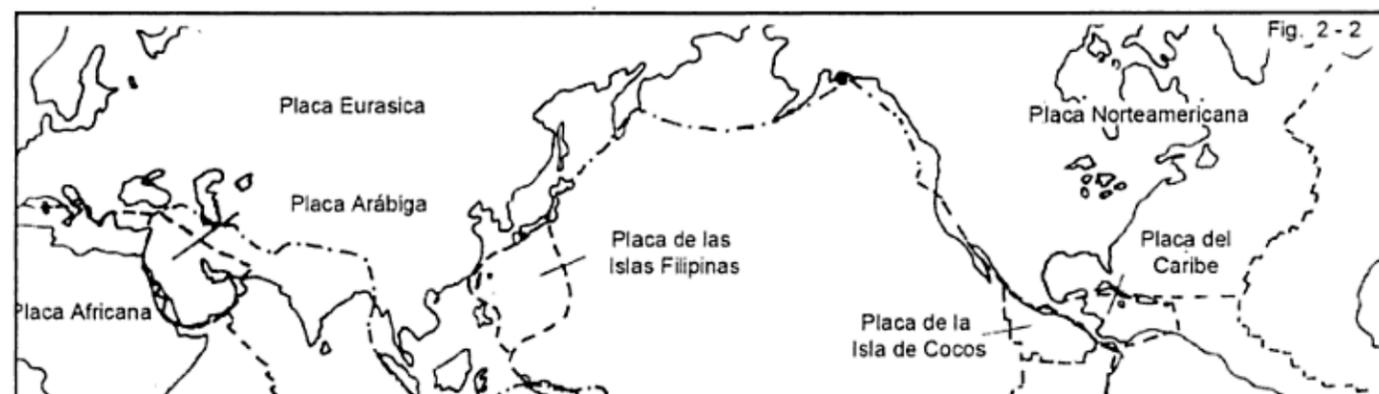




Figura V.22. Delimitación de placas tectónicas.

Fuente: Iriondo, 2007

En Playas de Rosarito el sistema de fallas más cercano es el sistema San Miguel-Vallecitos-Calabazas, este sistema es sísmicamente muy activo, forma un complejo con escalonamiento derecho entre las fallas Calabazas, Vallecitos y San Miguel. La falla de San Miguel es una estructura de desplazamiento lateral derecho y rumbo Noroeste de 60° que se extiende desde el sur de San Miguel hasta el oriente del Valle San Rafael. La actividad sísmica en 1954 en San Miguel de magnitud entre 6.3 a 6.8 provocaron un rompimiento a lo largo de 20 kilómetros. La falla Calabazas es dextral, que tiene expresiones geomorfológicas tales como escarpes, escalones y crecimiento de depósitos aluviales. La continuación noroeste de la falla de San Miguel es la falla Vallecitos no se asocia a sismos de magnitud cercana a seis así como tampoco microsismicidad (Figura V.23), (Cruz-Castillo, 2002).

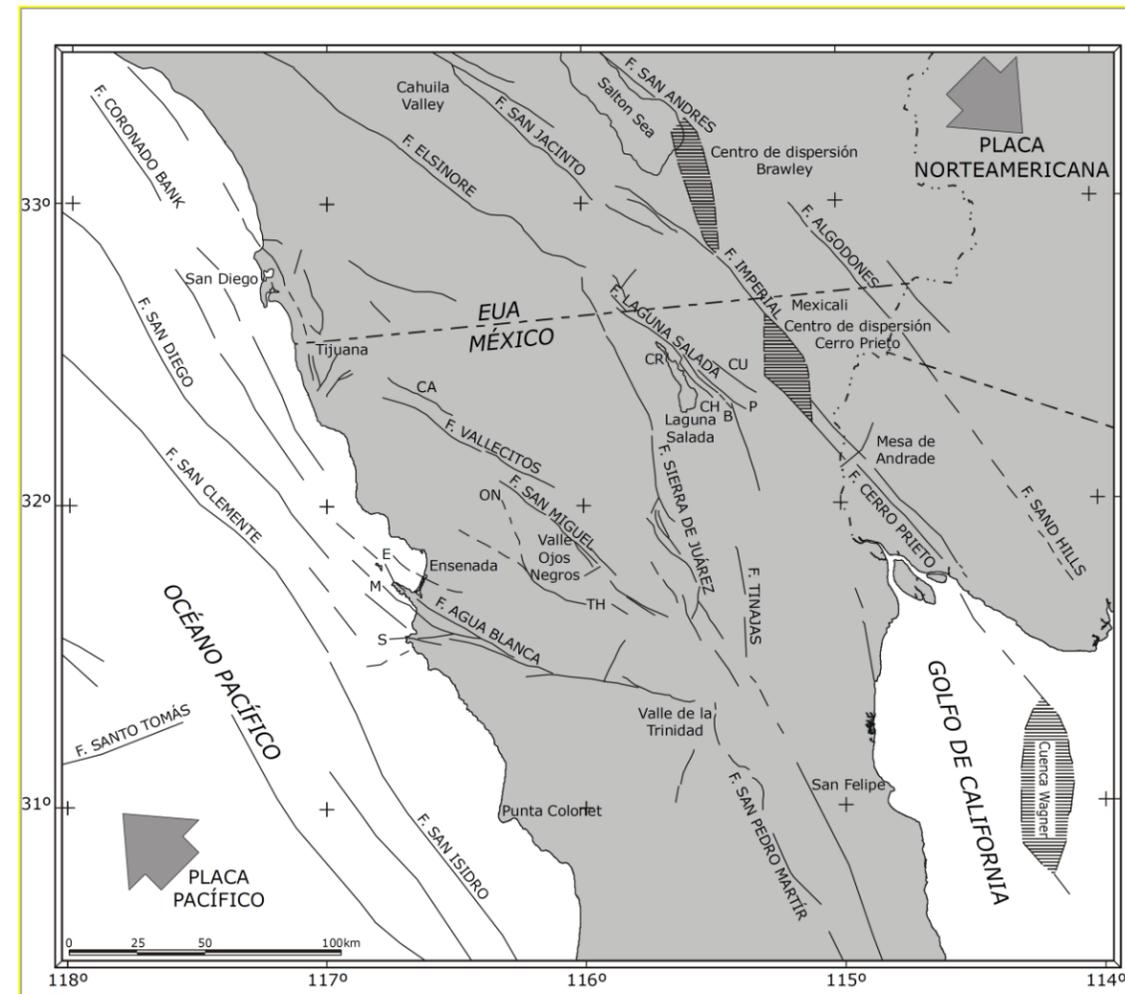


Figura V.23. Fallas regionales en el norte Baja California (B= Falla Borrego, CA= Falla Calabazas, CH= Falla Chupamirtos, CP + centro de dispersión Cerro Prieto, CR= Falla Cañón Rojo, CU= Falla Cucapá, CW= Cuenca Wagner, E= Falla El Descanso-Estero, M= Falla Maximinos, ON= Dalla Ojos Negros, P= Falla Pescaderos, S= Falla Bahía Soledad, SS= Salton Sea y TH= Falla Tres Hermanas).

Fuente: Cruz-Castillo, 2002.



En la primera aproximación del fenómeno se identificaron las fallas que se encuentran en la Carta Geológica del Instituto Nacional de Estadística y Geografía escala 1:250,000 y en la carta Geológico-Minera del Servicio Geológico Mexicano con escala de 1:250,000. Las fallas y fracturas se consideran como un factor detonante de los fenómenos de inestabilidad de laderas, entre otros; por ello resulta importante conocer las características de las fallas presentes en el municipio.

De acuerdo a la información recabada, en el municipio se tiene lo siguiente: en el norte del municipio se encuentran cuatro discontinuidades, dos fallas y dos fracturas que están entre los límites de la localidad urbana de Playas de Rosarito, Ampliación Ejido Plan Libertador y el municipio de Tijuana.

En la porción central del municipio, en la colonia Costa Hermosa, San Rafael, Lomas del Morro, Soyamar, Colinas del Mar, Hacienda del Sol, María Isabel, está presente una fractura. Una falla recorre las colonias Terrazas del Mar, Terrazas del Pacífico, Ampliación Terrazas del Pacífico, Rancho el Mirador, Mar de Popotla, Cumbres de Popotla, Misión del Mar, Costa de Oro, Playa Encantada, Castillos del Mar y Villas Corona del Mar.

Un conjunto de fallas y fracturas se encuentran agrupadas en la porción sureste del municipio, específicamente en las cañadas La Rinconada, El Descanso, Agua Amarga, San Pablo, El Diablo, La pila, La Zorra, Yerbabuena, Rinconada y El Ciprés; en los cerros La Tinajita y Playas Viejas; en la mesa Los Indios y en el arroyo el Bajío.

Cerca de la zona anterior, al sur de Primo Tapia, una serie de fallas (una de ellas de tipo normal) recorre las colonias Los Haros, Vista Hermosa, Venustiano Carranza, Hda. Vista al Mar, Puerta del Mar, Casa del Rey, Rancho la Burrita, Santa Anita y el fraccionamiento La Misión Vieja de San Miguel, dos de ellas corren paralelas a la línea de costa, mientras que otra está de manera vertical a éstas (Figura V.24).

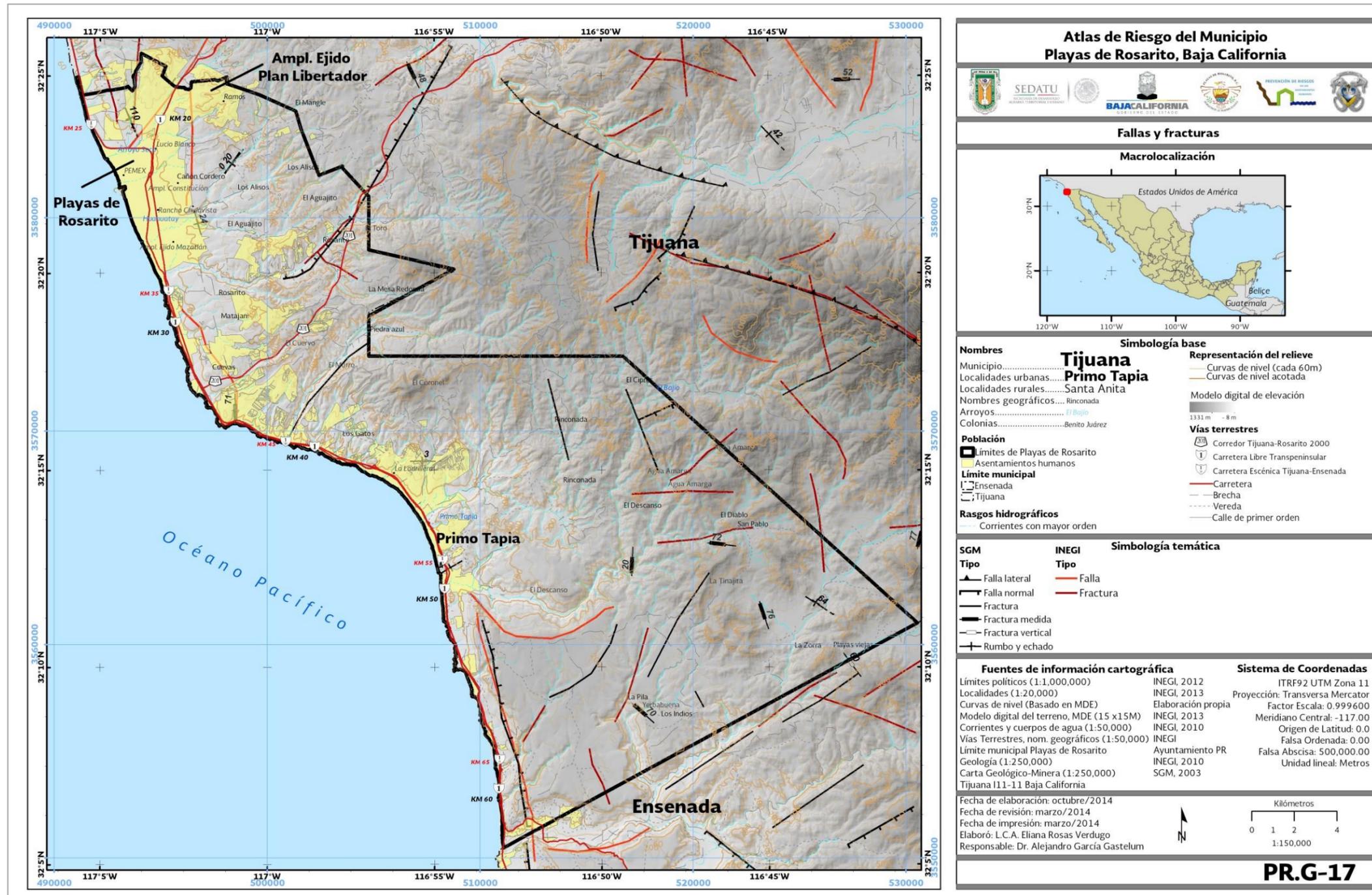


Figura V.24. Fallas y fracturas distribuidas en el municipio de Playas de Rosarito.



5.2. Fenómenos Hidrometeorológicos

De acuerdo a la Ley General de Protección Civil un fenómeno hidrometeorológico es un agente perturbador que se genera por la acción de agentes atmosféricos tales como: ciclones tropicales, lluvias extremas, inundaciones pluviales, fluviales, costeras y lacustres, tormentas de nieve, granizo, polvo y eléctricas, heladas, sequías, ondas cálidas y gélidas, y tornados.

En México los fenómenos hidrometeorológicos tienen grandes repercusiones debido principalmente a su ubicación geográfica, su orografía y a los diversos sistemas meteorológicos que afectan al país; éstas pueden ser positivas y negativas dependiendo de cómo afecten a la sociedad, principalmente debido a la distribución de la población, los grandes contrastes que ésta presenta y a su dinamismo (pues la población tiene un crecimiento, en algunas partes intenso, o bien, está en movimiento por fenómenos migratorios), (CENAPRED, 2006).

En este capítulo se analizan los fenómenos hidrometeorológicos más relevantes para el municipio.

5.2.1. Temperaturas máximas extremas y mínimas extremas

El ser humano es vulnerable a ciertas temperaturas, tanto por arriba de un umbral, como por debajo de otro. En este apartado se muestran las temperaturas que están por arriba o por debajo de un cierto umbral pues es de vital interés conocer y analizar los eventos extremos que pueden llegar a perjudicar a la población del municipio. Un umbral es una magnitud fijada, a partir de la cual se producen efectos negativos y/o problemas de salud en las personas. Cabe resaltar que puede haber diferentes umbrales, ya que debido a condiciones históricas o incluso genéticas, existen grupos poblacionales que toleran más altas o más bajas temperaturas que otros (CENAPRED, 2006).

La susceptibilidad a sufrir por temperaturas máximas extremas y mínimas extremas depende de la temperatura descrita por medio del concepto de umbral y la duración. El frío intenso causa severa morbilidad y mortalidad de importancia en la salud pública; en México durante el invierno 2002 al 2003 se presentaron 121 defunciones. El impacto de las bajas temperaturas depende de la distribución de la población, la septentrionalidad, la continentalidad, la altitud, la latitud, horas de radiación solar, entre otras características, así como la vulnerabilidad de la población respecto a este fenómeno (Trujillo et al. 2004). Los principales efectos negativos causados por bajas temperaturas son los siguientes: hipotermia, congelamiento, dolor de cabeza, enfermedades de las vías respiratorias, urticaria del frío, riesgo de ataques cardíacos, intoxicación por inhalación de monóxido de carbono, quemaduras por incendios, asfixia y daños a la piel por radiación ultravioleta.

Por otro lado, las ondas de calor pueden causar la muerte por deshidratación de seres humanos, sobre todo niños y ancianos; además, son motivo para que aumenten las enfermedades gastrointestinales. En el país durante el año de 1998 hubo intensas ondas de calor y a principios del mes de mayo de ese año se presentó en la Ciudad de México la temperatura más alta que se haya observado con un valor de 34.7°C, rebasando en más de 1°C la máxima histórica.



5.2.1.1. Temperaturas máximas extremas

5.2.1.1.1. Índice de susceptibilidad a temperaturas máximas extremas

5.2.1.1.1.1. Metodología y memoria de cálculo para la determinación de la susceptibilidad a temperaturas máximas extremas

El tipo de clima del municipio y sus características de temperatura se revisaron, considerando que CENAPRED determina que existe una onda de calor cuando se supera el umbral de temperatura durante tres días continuos (Tabla V.67), y recomienda utilizar el umbral más bajo, de 26°C.

Tabla V.67. Límites de temperatura para emitir alertas por ondas de calor.

Fuente: CENAPRED.

Umbral de temperatura	Severidad
26°C	1
30°C	2
34°C	3
40°C	4

Con la base de datos de la tabla anterior, se consideraron las temperaturas máximas absolutas de la región y se interpolaron con el método determinístico de ponderación con el inverso de la distancia de Geostatistical Analyst de ArcGIS, donde los pesos decrecen con la distancia (ESRI, 2014). A partir de este resultado, se generó el mapa de susceptibilidad a temperaturas máximas extremas.

5.2.1.1.1.2. Resultados del análisis

El análisis realizado para evaluar la susceptibilidad de la población del municipio Playas de Rosarito de sufrir por temperaturas máximas extremas muestra que el 100% de la población que habita en zonas urbanas tiene una susceptibilidad muy alta a las temperaturas máximas extremas y puede verse afectada por este fenómeno hidrometeorológico.

Tabla V.68. Población del municipio Playas de Rosarito ubicada en alguna zona de susceptibilidad

Susceptibilidad	Población	%	Manzanas	%
Muy Alta	76,097	100	2,035	100
Alta	0	0	0	0
Media	0	0	0	0
Baja	0	0	0	0



5.2.1.1.1.3. Ponderación de la susceptibilidad

La susceptibilidad a temperaturas máximas extremas se categorizó de acuerdo a los criterios de SEDATU (2014), como se muestra en la Tabla V.69.

Tabla V.69. Vulnerabilidad por altas temperaturas.

Fuente: SEDATU, 2014.

Temperaturas	Designación	Vulnerabilidad	Susceptibilidad
28 a 31°C	Incomodidad	La evapotranspiración de los seres vivos se incrementa. Aumentan dolores de cabeza en humanos.	Baja
31.1-33°C	Incomodidad extrema	La deshidratación se torna evidente. Las tolveneras y la contaminación por partículas pesadas se incrementan, presentándose en ciudades.	Media
33.1-35°C	Condición de estrés	Las plantas comienzan a evapotranspirar con exceso y se marchitan. Los incendios forestales aumentan.	Alta
> 35°C	Límite superior de tolerancia	Se producen golpes de calor, con inconciencia en algunas personas. Las enfermedades aumentan.	Muy Alta

5.2.1.1.1.4. Susceptibilidad a temperaturas máximas extremas

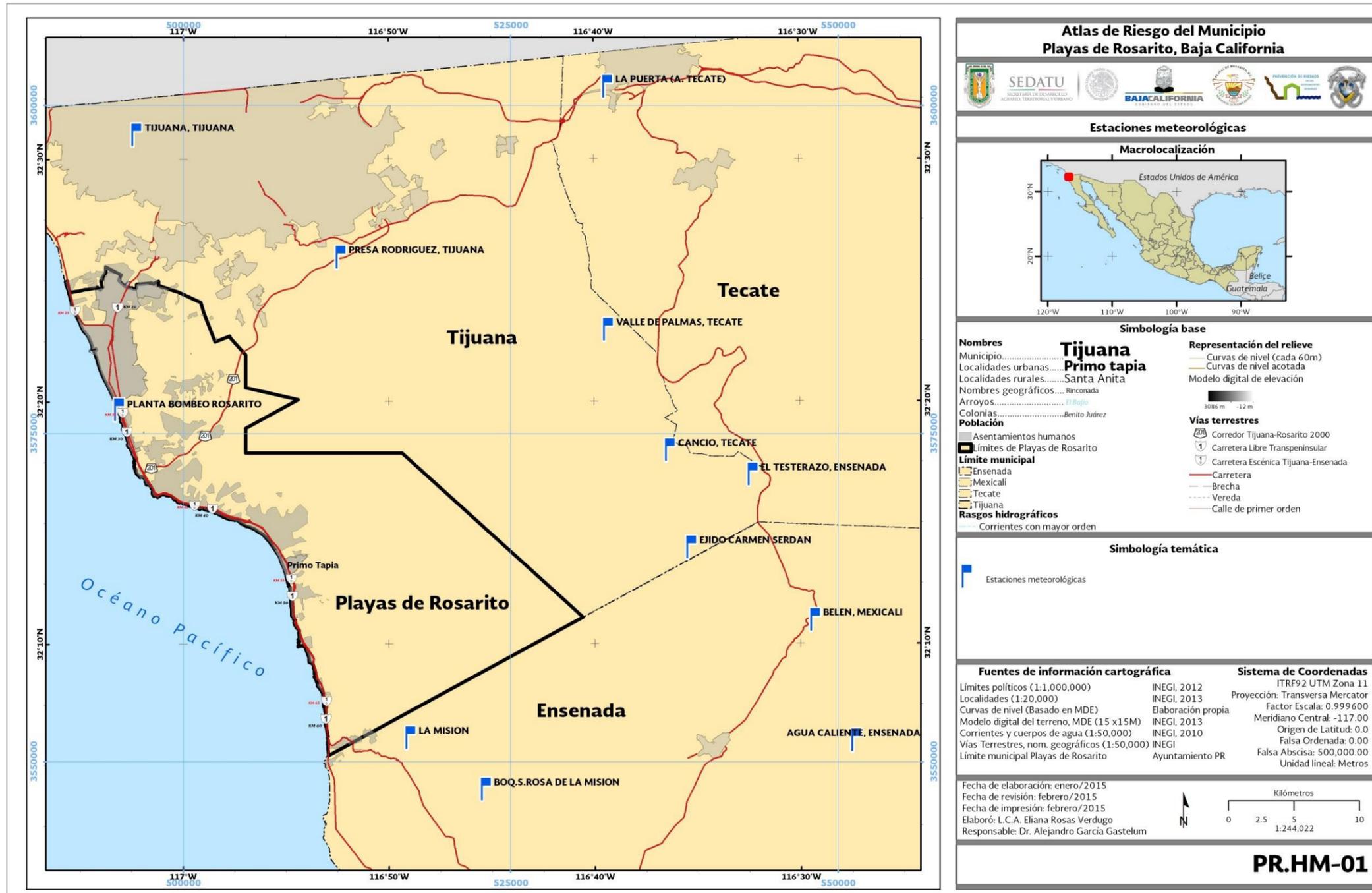




Figura V.25. Estaciones meteorológicas cercanas al municipio de Playas de Rosarito.

Se obtuvieron temperaturas absolutas máxima y mínima a partir de información colectada en 12 estaciones climatológicas de las Bases de Datos Climáticos del Noroeste de México (PEACC-BC) y datos climáticos diarios del CLICOM del SMN, con registros de 37 años, estas se localizan entre las alturas de 20 y 555 m (Tabla V.70 y Figura V.25), que nos indican que los eventos de temperaturas máximas extremas llegan a la calificación de severidad nivel cuatro por tener temperaturas máximas superiores a los 40°C. En lo referente a las temperaturas mínimas se presentan valores entre los 0°C y -11°C, estos valores corresponden a un fenómeno de heladas puesto se encuentran por debajo del punto de congelación del agua.

Tabla V.70. Temperaturas máximas y mínimas absolutas.

Clave	Nombre	Coordenadas		Altitud (msnm)	Temperaturas absolutas		Años de registros
		Longitud	Latitud		Mínima	Máxima	
2001	AGUA CALIENTE, ENSENADA	-116.45	32.1	410	-7	49	42
2004	BELÉN, MEXICALI	-116.483	32.183	555	-11	52.3	41
2005	BOQ.S. ROSA DE LA MISION	-116.75	32.067	40	-6	42	47
2017	PLANTA BOMBEO ROSARITO	-117.047	32.328	22	0	41.5	18
2024	EL TESTERAZO, ENSENADA	-116.533	32.283	330	-6	49	24
2030	LA PUERTA (A. TECATE)	-116.65	32.55	515	-9	47	49
2038	PRESA RODRIGUEZ, TIJUANA	-116.867	32.433	140	-6	45	78
2068	TIJUANA, TIJUANA	-117.033	32.517	55	-5	49	35
2069	VALLE DE PALMAS, TECATE	-116.65	32.383	45	-11	50	62
2114	EJIDO CARMEN SERDAN	-116.583	32.233	455	-7	46	26
2119	EL COMPADRE, TECATE	-116.6	32.3	450	-5	46	13
2077	LA MISION	-116.8	32.1	20	-2	41	11



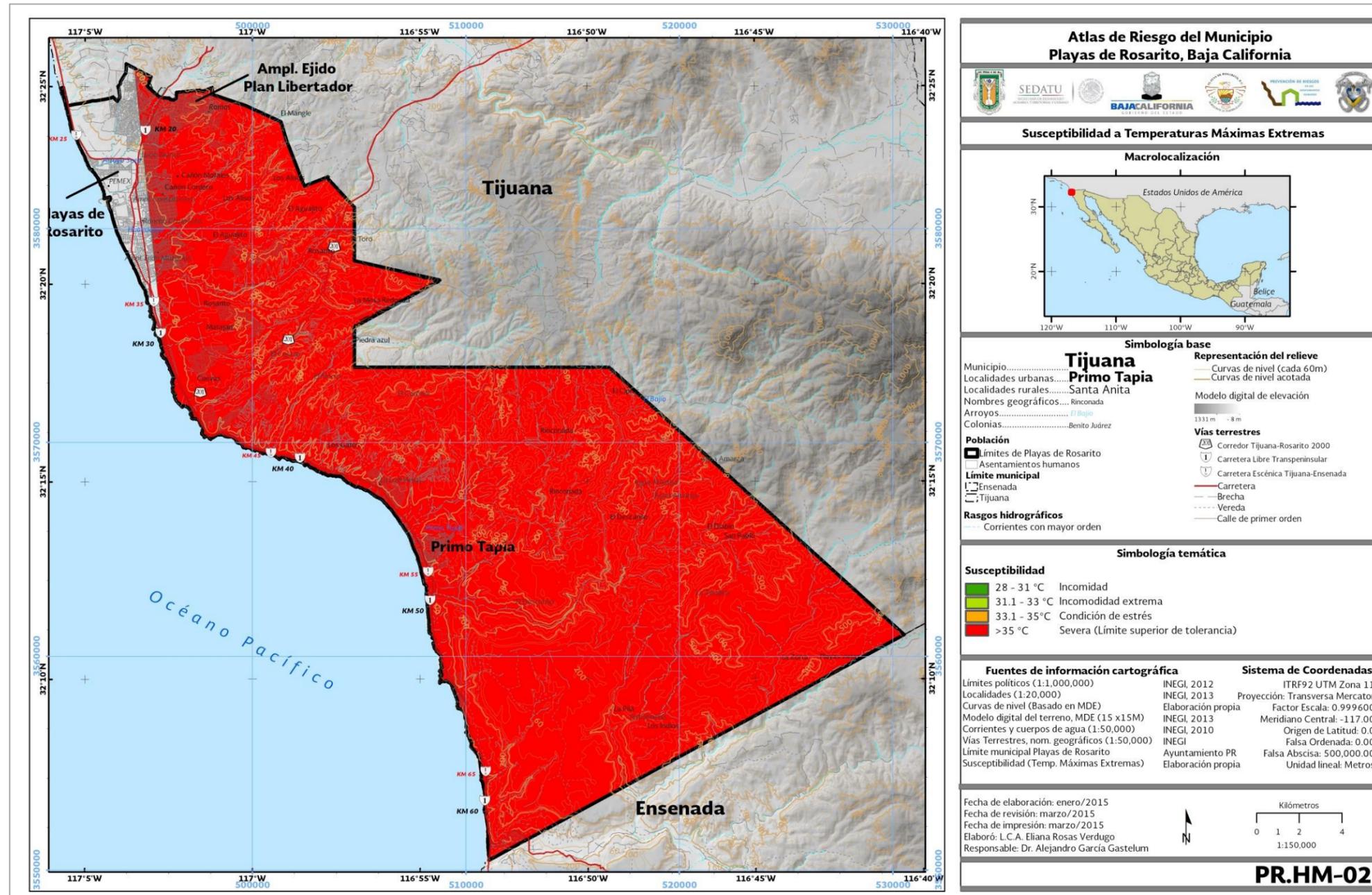


Figura V.26. Índice de susceptibilidad a temperaturas máximas extremas en el municipio de Playas de Rosarito.



El municipio de Playas de Rosarito en la totalidad de su territorio la susceptibilidad que representa el fenómeno de temperaturas máximas extremas corresponde al nivel cuatro o de severidad, éste es considerado como el límite de temperatura superior de tolerancia ($>35^{\circ}\text{C}$), mostrado en la Figura V.26. Como se expuso en la Tabla V.70, en las 12 estaciones tomadas como referencia los valores de las temperaturas máximas alcanzan valores por arriba de los 35°C , las cuales contemplan entre 11 y 72 años de registros.

5.2.1.1.2. Índice de vulnerabilidad social ante temperaturas máximas extremas

5.2.1.1.2.1. Metodología y memoria de cálculo para la determinación de la vulnerabilidad social ante temperaturas máximas extremas

La vulnerabilidad social para todos los agentes perturbadores que se evalúan en el presente atlas corresponde a la desarrollada en el fenómeno de sismos, por lo que no se describe en este apartado. Para conocer a detalle el procedimiento para su evaluación es necesario remitirse al apartado “Metodología y memoria de cálculo para la determinación de la vulnerabilidad social ante sismos”.

5.2.1.1.2.2. Resultados del análisis

La vulnerabilidad social ante temperaturas máximas extremas es la misma que para el fenómeno de sismos por lo que no se describe en este apartado. Para conocer a detalle los resultados es necesario remitirse al apartado “Índice de vulnerabilidad social ante sismos” subapartado “Resultados del análisis”.

5.2.1.1.2.3. Ponderación de la vulnerabilidad social

La vulnerabilidad social para todos los agentes perturbadores que se analizan en el presente documento fue determinada empleando el mismo modelo que para el fenómeno de sismos, por lo que para conocer a detalle la metodología empleada para la ponderación de este índice es necesario remitirse al apartado “Índice de vulnerabilidad social ante sismos” subapartado “Ponderación de la vulnerabilidad social”.

5.2.1.1.2.4. Vulnerabilidad social ante temperaturas máximas extremas



Los resultados de la vulnerabilidad social corresponden a los puntualizados en el “Índice de vulnerabilidad social ante sismos” por lo que no se describen en este apartado. Para conocer a detalle la vulnerabilidad social en el municipio de Playas de Rosarito es necesario remitirse a la “Vulnerabilidad social” del apartado antes mencionado.

5.2.1.2. Temperaturas mínimas extremas

5.2.1.2.1. Índice de susceptibilidad a temperaturas mínima extremas

5.2.1.2.1.1. Metodología y memoria de cálculo para la determinación de la susceptibilidad a temperaturas mínimas extremas

Para el cálculo de las temperaturas mínimas se tomó el promedio de los meses más fríos del año de la temporada invernal reportados por CONAGUA, en 10 estaciones alrededor del municipio, calculándose la media de las mismas (Tabla V.71). Con el promedio de la estación invernal se realizó una interpolación con el método Distancia Inversa Ponderada (IDW por sus siglas en inglés), desarrollado por el Servicio Meteorológico de Estados Unidos.

Tabla V.71. Promedios de temperatura frías en grados centígrados

Fuente: CONAGUA, 2015.

Estación	Diciembre	Enero	Febrero	Promedio
2017	15.00	14.50	14.30	14.60
2077	12.90	13.60	13.50	13.33
2069	12.00	11.80	12.40	12.07
2119	11.90	11.30	12.40	11.87
2024	12.00	12.90	11.90	12.27
2114	10.90	10.40	10.20	10.50
2004	10.40	11.00	10.80	10.73
2001	12.50	12.60	13.20	12.77
2030	12.00	11.00	11.80	11.60
2005	11.80	11.50	12.00	11.77



5.2.1.2.1.2. Resultados del análisis

De acuerdo al análisis realizado en cuanto a la susceptibilidad que el municipio tiene por temperaturas mínimas extremas, se obtuvo que prácticamente no existe susceptibilidad por la presencia de dicho fenómeno, ya que no existen zonas con susceptibilidad de media a muy alta, únicamente el 6.3% (4,823 habitantes) de la población que se encuentra en zonas urbanas tiene baja susceptibilidad y el 93.7% (71,274 habitantes) muy baja.

Tabla V.72. Población del municipio Playas de Rosarito ubicada en alguna zona de susceptibilidad.

Nivel	Población	%	Manzanas	%
Muy Alta	0	0	0	0
Alta	0	0	0	0
Media	0	0	0	0
Baja	4,823	6.3	197	9.7
Muy Baja	71,274	93.7	1,838	90.3

5.2.1.2.1.3. Ponderación de la susceptibilidad

La determinación de las clases se propuso de acuerdo a la Tabla V.73, para la zona mediterránea de Baja California en donde el promedio de temperatura anual es de alrededor de 21 °C.

Tabla V.73. Rangos de susceptibilidad para zonas mediterráneas.

Rango de temperatura (°C)	Susceptibilidad
0 a 4	Muy Alta
4 a 8	Alta
8 a 12	Media
12 a 14	Baja
14 a 16	Muy Baja

5.2.1.2.1.4. Susceptibilidad a temperaturas mínimas extremas

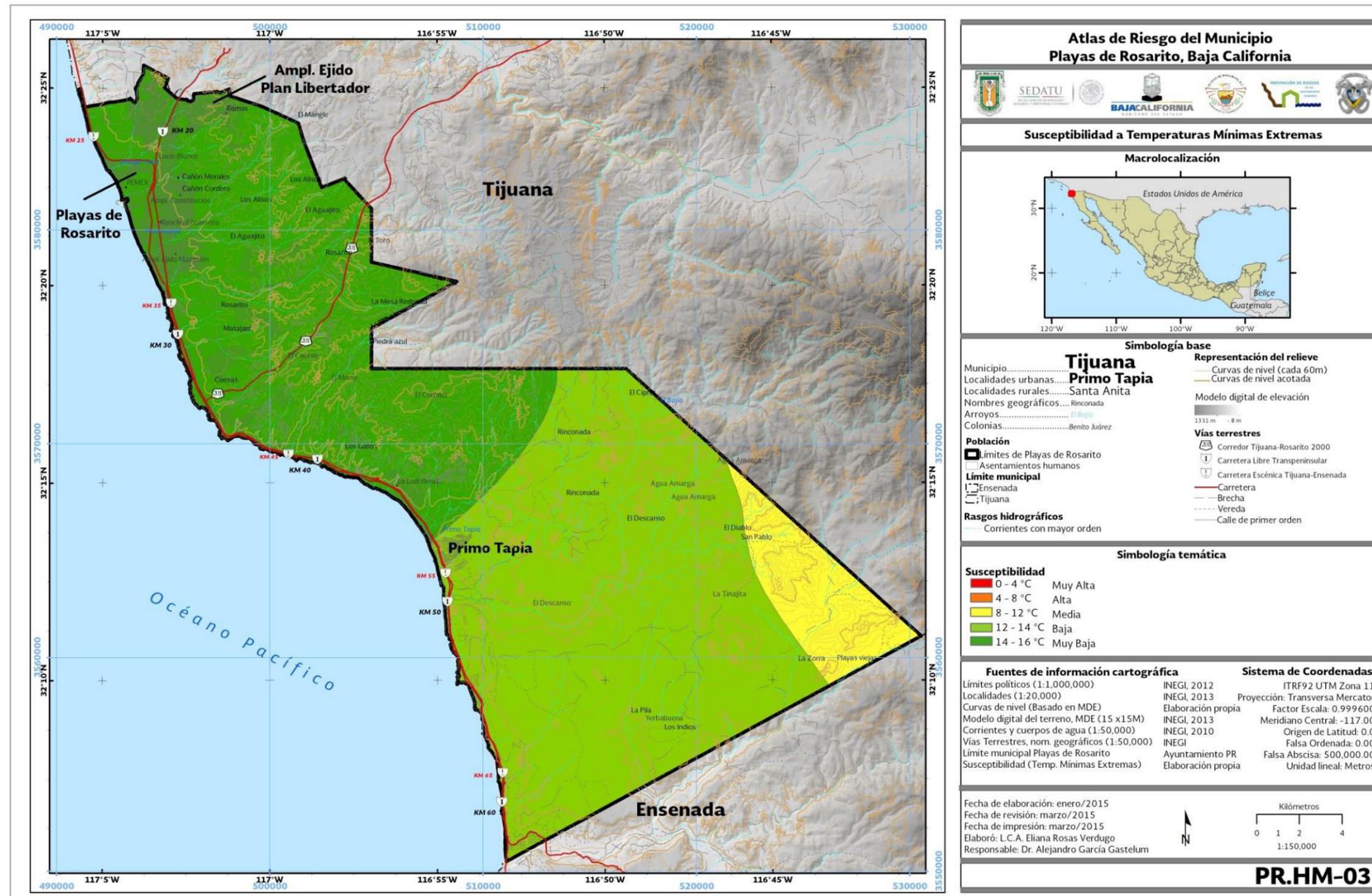


Figura V.27. Índice de susceptibilidad a temperaturas mínimas extremas en el municipio de Playas de Rosarito.



La susceptibilidad a temperaturas mínimas extremas en el municipio es de muy baja a media, en esta última categoría que comprende los promedios de 8 a 12°C se sitúan los poblados de Playas Viejas y El Diablo, en la zona sureste desde la cañada Agua Amarga hasta la zona limítrofe municipal. La parte sur del municipio presenta baja susceptibilidad, desde Primo Tapia, El Cañaveral, la zona de El Descanso, el centro recreativo Plaza Santa María hasta el límite del municipio en su porción suroeste; y finalmente, con muy baja susceptibilidad se encuentra la zona norte de Playas de Rosarito (Figura V.27).

5.2.1.2.1. Índice de vulnerabilidad social ante temperaturas mínima extremas

5.2.1.2.1.1. Metodología y memoria de cálculo para la determinación de la vulnerabilidad social ante temperaturas mínimas extremas

La vulnerabilidad social para todos los agentes perturbadores que se evalúan en el presente atlas corresponde a la desarrollada en el fenómeno de sismos, por lo que no se describe en este apartado. Para conocer a detalle el procedimiento para su evaluación es necesario remitirse al apartado “Metodología y memoria de cálculo para la determinación de la vulnerabilidad social ante sismos”.

5.2.1.2.1.2. Resultados del análisis

La vulnerabilidad social ante temperaturas mínima extremas es la misma que para el fenómeno de sismos por lo que no se describe en este apartado. Para conocer a detalle los resultados es necesario remitirse al apartado “Índice de vulnerabilidad social ante sismos” subapartado “Resultados del análisis”.

5.2.1.2.1.3. Ponderación de la vulnerabilidad social

La vulnerabilidad social para todos los agentes perturbadores que se analizan en el presente documento fue determinada empleando el mismo modelo que para el fenómeno de sismos, por lo que para conocer a detalle la metodología empleada para la ponderación de este índice es necesario remitirse al apartado “Índice de vulnerabilidad social ante sismos” subapartado “Ponderación de la vulnerabilidad social”.

5.2.1.2.1.4. Vulnerabilidad social ante temperaturas mínimas extremas

Los resultados de la vulnerabilidad social corresponden a los puntualizados en el “Índice de vulnerabilidad social ante sismos” por lo que no se describen en este apartado. Para conocer a detalle la vulnerabilidad social en el municipio de Playas de Rosarito es necesario remitirse a la “Vulnerabilidad social” del apartado antes mencionado.

5.2.2. Sequías

Una sequía puede ser definida simplemente como la falta de agua; sin embargo, la falta de agua puede deberse a varias causas, no sólo físicas o ecológicas, sino también de carácter social, económico y político. Dentro de las causas físicas, podemos mencionar las más conocidas: a) si la falta de agua se debe a poca precipitación se habla de ‘sequía meteorológica’; b) cuando las lluvias de un ciclo anual (o incluso varios años) son por abajo del



valor normal, se dice que se tiene 'sequía climática'; c) si los ríos disminuyen su caudal, se habla de 'sequía fluvial'; d) si los acuíferos bajan sus niveles, se habla de 'sequía geológica'; e) si las actividades humanas (domésticas, industriales, comerciales, agropecuarias, etc.), son afectadas por un déficit de agua, se habla de 'sequía socioeconómica'. En general, las sequías se originan por una reducción en el agua que cae de la atmósfera o la que fluye en los ríos, arroyos o superficie terrestre o cuando la que está almacenada es sobre explotada. En síntesis, se tendrá una sequía cuando en un cierto lugar y durante un cierto tiempo, la recarga del agua (por lluvia o ríos), sea menor que la salida de agua (por extracción o por el uso desmedido), (Reyes-Coca, 2013).

Actualmente, la sequía en el país es monitoreada por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), bajo el marco del proyecto Monitor de Sequía para América del Norte (NADM por sus siglas en inglés) utilizando un índice de precipitación estandarizado, que considera solamente la precipitación. Un valor negativo representa sequía y un valor positivo condiciones de humedad, anualmente se realizan dos estimaciones a nivel Norteamérica; la primera corresponde al final de la temporada estival, en el mes de mayo, y la segunda al finalizar la temporada de lluvias en el mes de noviembre.

La sequía en México es observada de forma constante, por el Monitor de Sequía de América del Norte (NOAA, 2013). A nivel nacional, abril de 2013 fue el décimo abril más seco desde 1941, con lluvias totales de 9 mm que se ubicaron 52% por debajo de lo normal, incrementando el porcentaje de la superficie con sequía. Baja California recibió apenas el 3%, de lo normal quedando como el octavo abril más seco desde 1941 (NOAA, Environment Canada y CONAGUA, Marzo 2013).

Hasta ahora la información proporcionada ha estado relacionada con la sequía meteorológica, ya que ésta se reconoce como la primera indicadora del fenómeno de sequía. No obstante, es importante mencionar que existen otros tipos de sequía (Wilhite y Glantz, 1985), con influencia en la región:

- Agrícola: Se relaciona con la sequía meteorológica y su impacto en los cultivos, considera el balance de humedad mediante la evapotranspiración, el déficit de agua en el suelo, los niveles de reserva de agua, y la especificidad del cultivo en cuanto a sus requerimientos de humedad. Su efecto es inmediato en los cultivos y puede presentarse posterior a la presencia de una sequía meteorológica.
- Hidrológica: Se produce por periodos de precipitación relativamente cortos, que conllevan un déficit en los escurrimientos superficiales y de subsuelo, impactando a largo plazo en la recarga de acuíferos, lagos y presas. Puede afectar a la producción agrícola de varios años, la producción hidroeléctrica o la extracción de agua del subsuelo.
- Socioeconómica: Se origina cuando la demanda de agua de un determinado grupo social es mayor que la disponibilidad para el suministro. Es resultado tanto de la ausencia de precipitaciones, como de la presión generada por el aumento de la población y de las actividades productivas, y la eficiencia en el uso del agua y de la tecnología disponible. Está relacionada con los otros tipos de sequía.

Los patrones de sequía se pueden observar en la Tabla V.74, en donde se señalan los años en los que se registraron meses con valores de sequía severa y extrema, es decir, valores del Índice de Precipitación Estándar (SPI por sus siglas en inglés) menores a -1.5. De manera general se identifican dos periodos de sequía agrupados de 1954 a 1975 y de 1998 a la actualidad.

Tabla V.74. Periodos de sequía severa y extrema en las 11 estaciones del Consejo de Cuenca Baja California y San Luis Río Colorado, Sonora de acuerdo a los resultados del SPI. Los números representan el número de meses con valores de SPI por debajo de -1.5.

Est.	1950-1951	1952-1953	1954-1955	1956-1957	1958-1959	1960-1961	1962-1963	1964-1965	1966-1967	1968-1969	1970-1971	1972-1973	1974-1975	1976-1977	1978-1979	1980-1981	1982-1983	1984-1985	1986-1987	1988-1989	1990-1991	1992-1993	1994-1995	1996-1997	1998-1999	2000-2001	2002-2003	2004-2005	2006-2007	2008-2009
2006													7								10			7			2		8	
2009			2		7	11	7	2				1	1	1																
2014			4	9	9	4	3					1																		
2016													1			4		1	6					6	8				6	
2032	1			10			1		9	1	6																			
2033											6	1								6				5		7	12		13	1
2038	1	1		9	1	9	2					8							1								11		1	
2040											1	8												6	6	1	8		15	
2056																						11	1				3		7	
2072		1		3						1		2								1				19		1	7		2	
26076			6	5	1				1		1									7	19									

En el siglo pasado se registraron cuatro grandes períodos de sequías (Reyes, 1996 en: CENAPRED, 2007): 1948-1954, 1960-1964, 1970-1978 y 1993-1996. En la Tabla V.75 se presenta una breve reseña histórica de las sequías en Baja California realizada a partir de información de CONAGUA sobre los principales impactos originados por sequías y de una búsqueda hemerográfica (CENAPRED, 2007).

Tabla V.75. Efectos socioeconómicos como consecuencia de la sequía en Baja California registrados en prensa y CONAGUA.

Fuente: CENAPRED, 2007.

Año	Localización	Efectos socioeconómicos
Agosto 1962	Estados de Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nayarit, Sinaloa, Baja California, Nuevo León, Durango y Zacatecas	Miles de animales muertos por falta de agua. Pérdidas superiores a 100 millones de pesos en algodón, maíz, frijol, etc.
Agosto 1998	Mexicali, Baja California	10 muertos por la falta de agua y las altas



		temperaturas, 300 casos de deshidratación.
Febrero 2000	Baja California	Se perdieron 50,000 cabezas de ganado.
Abril 2000	Ensenada, Baja California	Despedidos casi 7,000 jornaleros en el valle de San Quintín.
Junio 2000	Ensenada	La escasez de lluvia provocó pérdidas de 23,600 ha en el sector agrícola.

Las pérdidas ambientales relacionadas con la sequía (como son la sobreexplotación o salinización de acuíferos), conllevan pérdidas económicas que derivan en problemas sociales, por lo que los tres aspectos están interrelacionados. En Baja California, las pérdidas económicas que las sequías ocasionan en la agricultura y ganadería, se han utilizado como índices de intensidad de las mismas, sin olvidar que los incendios forestales ocasionan además graves daños de deforestación y posterior erosión. Las lluvias que se presentan son de carácter torrencial y de tipo invernal, pero con una periodicidad aproximada de 11 años, por lo que la escasez de agua en las cuencas es cada vez más frecuente (IMIP, 2008).

El Monitor de Sequía de América del Norte (NADM), es el resultado de la cooperación técnica entre expertos de sequía de México, Estados Unidos y Canadá, tiene como objetivo describir las condiciones de sequía en América del Norte. Se basa en el éxito del Monitor de Sequía de los Estados Unidos (USDM) que utiliza una metodología basada en el análisis de diversos índices o indicadores de sequía propuesta en 1999.

El Centro Nacional de Datos Climáticos de los Estados Unidos (NCDC) es el encargado de coordinar las actividades entre las contrapartes de los países, que incluye un calendario de autores por país, quienes tienen la misión de reunir las evaluaciones mensuales de la sequía y generar el mapa regional de sequía de América del Norte. Las instituciones que participan en México son: Servicio Meteorológico Nacional (SMN), de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Estados Unidos: Por parte de la Administración Nacional de la Atmósfera y los Océanos (NOAA), participan el Centro Nacional de Datos Climáticos de los Estados Unidos (NCDC) y el Centro de Predicción del Clima (CPC), el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA), y el Centro Nacional de Mitigación de la Sequía (NDMC). Canadá: Agricultura y Agroalimentación de Canadá (AAFC) que depende del Ministerio del Medio Ambiente de Canadá (EC). (CONAGUA, SMN, 2014) y se encuentra disponible en: <http://www.ncdc.noaa.gov/temp-and-precip/drought/nadm/index.php>

5.2.2.1. Índice de susceptibilidad de sequía

5.2.2.1.1. Metodología y memoria de cálculo para la determinación de la susceptibilidad ante sequía

Varios autores han tratado de estimar la intensidad de las sequías y han propuesto metodologías con fórmulas que van desde cálculos muy simples que sólo consideran a la sequía como la falta de lluvia, hasta otras más complejas en donde intervienen parámetros de humedad de suelo y respuesta de cultivos.

Para el cálculo del índice, inicialmente se seleccionaron 132 estaciones climatológicas de largo período (más de 30 años y con reportes actualizados) para caracterizar los patrones de lluvia en México y con ello comparar los déficits o excesos de humedad en cada estación. La información de estas estaciones forma parte de la base de datos para el cálculo de algunos índices asociados al fenómeno de la sequía que reside en el Centro Nacional de Datos Climáticos de la NOAA en Asheville Carolina del Norte, E.U. Los índices que se calculan con esta información son el Estandarizado de Precipitación (SPI), Palmer, Palmer Z y Palmer Hidrológico y el Porcentaje de Precipitación Normal. Adicionalmente se utilizan otros índices deducidos de percepción remota tales como el Índice Satelital de Salud de la Vegetación (VHI) y un modelo de humedad del suelo, el Leaky Bucket.

Los índices se despliegan mediante capas o layers en un sistema de información geográfica (SIG) y mediante un consenso de expertos se determinan las regiones afectadas por sequía, para posteriormente dibujarlas en un archivo shapefile y a partir de estos archivos se integra una salida única para los tres países.

5.2.2.1.2. Resultados del análisis

El análisis llevado a cabo en cuanto a la susceptibilidad de sequías en el área de estudio, muestra que el 100% de la población que habita en manzanas urbanas del municipio Playas de Rosarito, es decir 76,097 habitantes se encuentran en zonas donde la intensidad de la sequía es extrema, por lo que el nivel de susceptibilidad es alto. Cabe mencionar que la población en este nivel de susceptibilidad reside en 2,035 manzanas urbanas del municipio (Tabla V.76).

Tabla V.76. Población del municipio Playas de Rosarito ubicada en alguna zona de susceptibilidad.

Nivel	Población	%	Manzanas	%
Muy Alta	0	0	0	0
Alta	76,097	100	2,035	100
Media	0	0	0	0
Baja	0	0	0	0
Muy Baja	0	0	0	0

5.2.2.1.3. Ponderación de la susceptibilidad

El establecimiento de los cinco niveles de susceptibilidad por sequía se basó en la clasificación de acuerdo al NADM, y se muestra en la siguiente tabla.

Tabla V.77. Severidad de la sequía.
Fuente: United States Drought Monitor (2014).

Categoría	Descripción	Posibles Impactos	Índice de sequía de Palmer	Modelo de Humedad del suelo CPC (Percentiles)	Escorrenría semanal (USGS)	Índice precipitación estándar (SPI)
					(Percentiles)	
D0	Anormalmente seco	Acercándose a la sequía en el corto plazo, hacia la parte final de una sequía, los pastos y cultivos no completamente recuperados	-1.0 a -1.9	21-30	21-30	-0.5 a -0.7



Categoría	Descripción	Posibles Impactos	Índice de sequía de Palmer	Modelo de Humedad del suelo CPC (Percentiles)	Escorrentía semanal (USGS)	Índice precipitación estándar (SPI)
					(Percentiles)	
D1	Sequía Moderada	Algunos daños a los cultivos, pastizales, arroyos, reservorios, pozos con niveles bajos, recortes de agua en desarrollo o inminentes, se requiere de restricciones voluntarias de agua.	-2.0 a -2.9	11-20	11-20	-0.8 a -1.2
D2	Sequía Severa	Perdidas de cultivos y pastizales, son comunes los cortes de agua, restricciones de agua impuestas.	-3.0 a -3.9	6-10	6-10	-1.3 a -1.5
D3	Sequía Extrema	Grandes pérdidas de cultivos y pastizales, amplios cortes de agua y restricciones	-4.0 to -4.9	3-5	3-5	-1.6 to -1.9
D4	Sequía Excepcional	Perdidas de cultivos y pastizales excepcionales y extendidas, escasez reservorios de agua, corrientes y pozos, se crean emergencias de agua.	-5.0 o menos	0-2	0-2	-2.0 o menor

5.2.2.1.4. Susceptibilidad por sequía



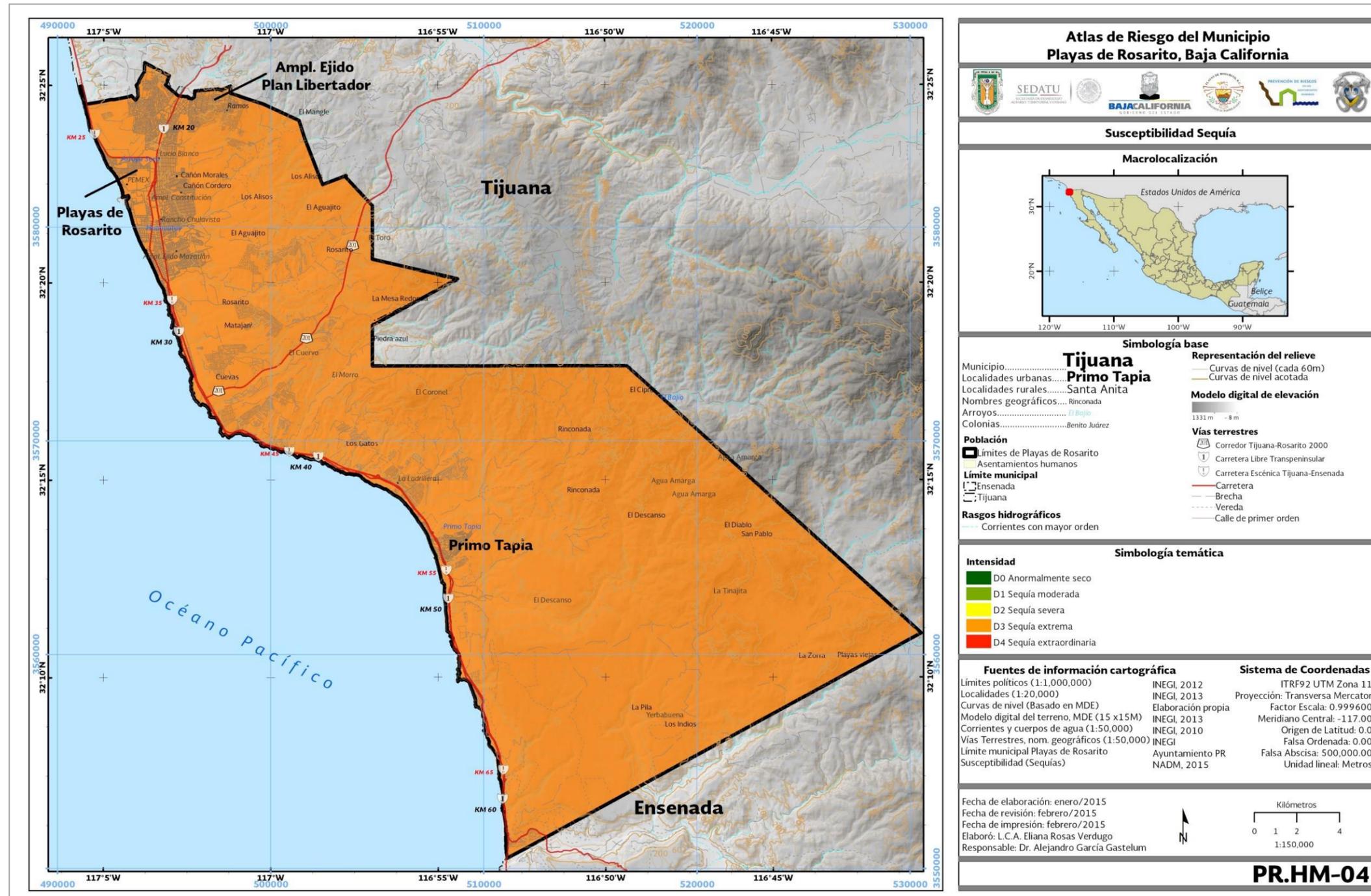
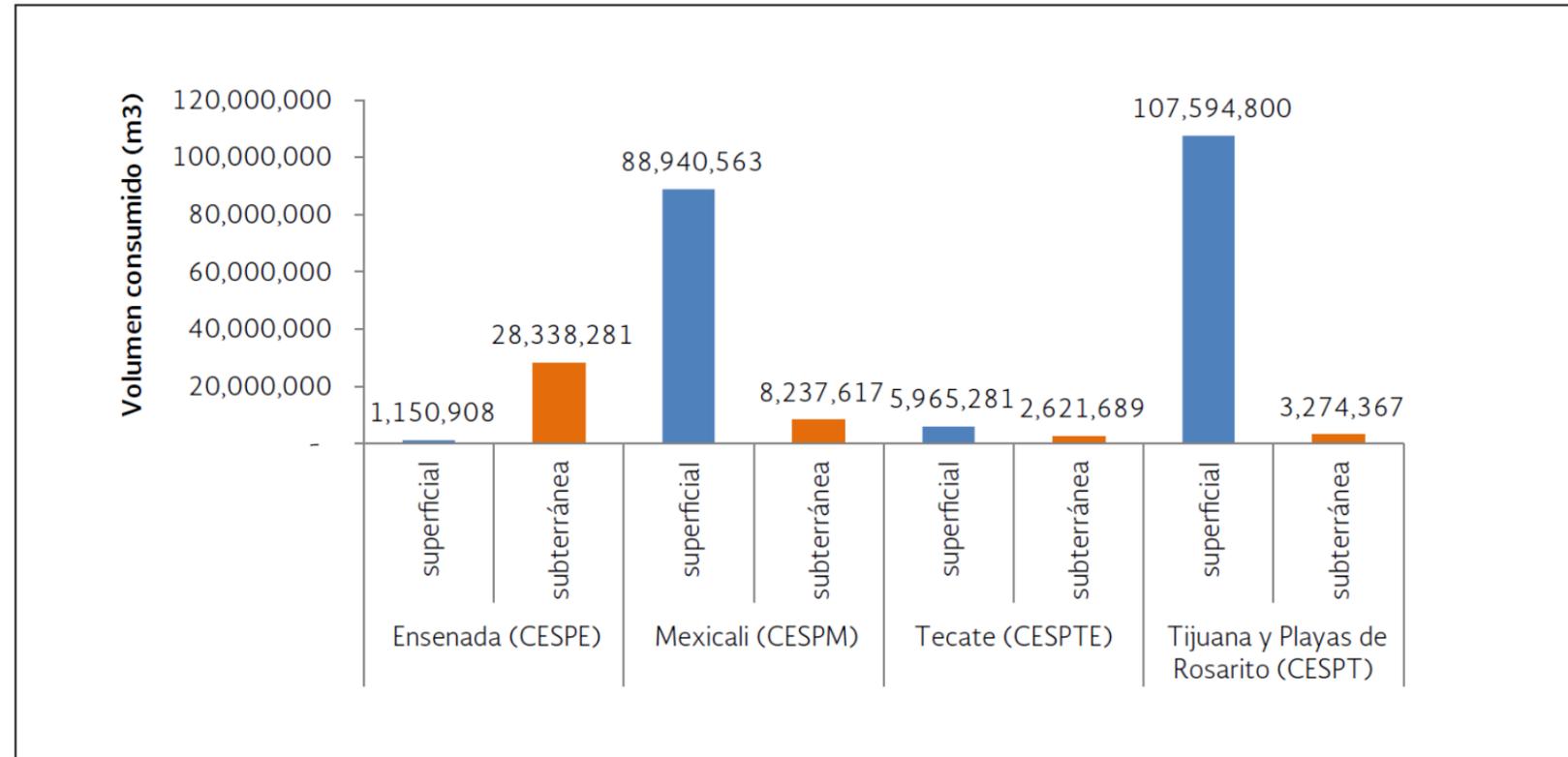


Figura V.28. Índice de susceptibilidad por sequía en el municipio de Playas de Rosarito.

La susceptibilidad por sequía en el municipio, tiene su mayor efecto en el sector agrícola y pecuario, sin embargo estas actividades forman parte del sector menos desarrollado, representan el 3% de acuerdo al PDUCP. Por su parte la población no se ve afectada por causa de la sequía, aun cuando como se muestra en la Figura V.28 el municipio se encuentra en un nivel de sequía extrema, debido a que Playas de Rosarito recibe agua potable



del organismo operador Comisión Estatal de Servicios Públicos de Tijuana, ésta es agua superficial proveniente del acueducto del Río-Colorado Tijuana. Del total de agua potable consumida en los municipios de Tijuana y Rosarito (107, 594,800 m³), sólo el 3% (3, 274,367 m³), proviene de agua subterránea (Gráfica V.1), (PRONACOSE, 2015).



Gráfica V.1. Volumen de agua consumida en 2012 en los municipios de Baja California.

Fuente: García et al. 2014

5.2.2.2. Índice de vulnerabilidad física ante sequías





5.2.2.2.1. Metodología y memoria de cálculo para la determinación de la vulnerabilidad física ante sequías

El índice de vulnerabilidad por acuífero (IV), se realizó con base en la metodología empleada en el Programa Nacional contra la Sequía para la evaluación del Consejo de Cuenca de Baja California y Municipio de San Luis Rio Colorado, Sonora (CC-02). Esta vulnerabilidad se define como el grado al que es susceptible un acuífero a efectos adversos producidos por la sequía socioeconómica. Se estableció mediante los tres factores que definen la vulnerabilidad según el IPCC, 2001 (Intergovernmental Panel on Climate Change): exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación. Para cada uno de los factores se diseñó un subíndice.

Fórmula

$$IVASS= IE + IS + (1-ICA)$$

Dónde:

IVASS= Índice de vulnerabilidad de los acuíferos ante la sequía socioeconómica

IE= Subíndice de exposición a la sequía

IS= Subíndice de sensibilidad

ICA= Subíndice de capacidad de adaptación

La elección de las variables fue llevada a cabo por una comisión de CC-02, de acuerdo con la situación actual de la región, ante la sequía y a la disponibilidad de los datos. La Tabla V.78 muestra un esquema de la composición del IVASS.

Tabla V.78. Composición del índice de vulnerabilidad de los acuíferos ante la sequía (IV).

Índice	Subíndice	Indicador
Índice de vulnerabilidad de los acuíferos ante la sequía socioeconómica (IVASS)	Subíndice de exposición a la sequía (IE)	Frecuencia de la sequía (FS)
		Frecuencia de precipitación (FP)
		Capacidad de almacenamiento del suelo (CAS)
		Salinización del acuífero (SA)
	Subíndice de sensibilidad (IS)	Número de concesiones (NC)
		Volumen por usos (VU)
		Densidad población (DP)
		Grado de regulación (GR)
	Subíndice de capacidad de adaptación (ICA)	Balance de recarga (BR)
		Cambio de almacenamiento (CAR)

5.2.2.2.1.1. Subíndice de exposición a la sequía (IE)

La exposición a la sequía estima el grado al que el sistema está expuesto a variaciones en su condición. Es función de la sequía, la precipitación, la capacidad de almacenamiento del suelo y de la salinización del acuífero.

Queda determinado de la siguiente manera:

Fórmula:





$$IE = FS + (1-FP) + CAS + SA$$

Dónde

IE= Subíndice de exposición a la sequía

FS= Frecuencia de la sequía

FP= Frecuencia de precipitación

CAS= Capacidad de almacenamiento del suelo

SA= Salinización del acuífero

Frecuencia de la sequía (FS)

Es el número de meses con valores del índice de precipitación estándar (SPI, por sus siglas en inglés) moderadamente seco (MS), severamente seco (SS) y extremadamente seco (ES), respecto del total de meses de la serie de tiempo. Se les otorga un peso de 1, 2 y 3 respectivamente en función del grado de severidad:

$$FS = \frac{(\text{meses MS} * 1 + \text{meses SS} * 2 + \text{meses ES} * 3)}{\text{Total meses de la serie}}$$

El SPI se toma de una estación lo más cercana posible al acuífero. Los registros de precipitación fueron proporcionados por CONAGUA de sus estaciones meteorológicas. La frecuencia de la sequía es directamente proporcional a la exposición del acuífero. Se calculó el SPI de 12 meses para 26 estaciones meteorológicas en el CC-02 elegidas en función del número de años de registros completos de precipitación, por ser representativas de los diferentes climas (según la clasificación de García, 1998) y estar distribuidas de manera uniforme en el estado. Fue calculado mediante el programa Matlab a través de su función disponible para la determinación del mismo (Matlab Central, 2009).

Frecuencia de precipitación (FP)

Volumen de precipitación promedio anual para la estación más cercana al acuífero (PMPMS). Los registros de precipitación fueron proporcionados por CONAGUA de sus estaciones meteorológicas. La frecuencia de la precipitación es indirectamente proporcional a la exposición del acuífero.

Fórmula:

$$FP = \frac{\text{Volumen de precipitación total de la serie de tiempo}}{\text{Total años de la serie}}$$

Capacidad de almacenamiento del suelo (CAS): estimada a través de las unidades geohidrológicas (grupo de rocas o material granular con características funcionales comunes desde el punto de vista hidrológico) que se clasifican en materiales con posibilidades de acumulación alta, media y baja (INEGI, 2012). A menores posibilidades de acumulación del suelo, mayor será la exposición del acuífero ante la sequía, ya que retendrá menos agua. Para el cálculo de este indicador se tomó el porcentaje de superficie con posibilidades bajas de acumulación con datos proporcionados por INEGI.

Salinización del acuífero (SA)



Corresponde a la salinidad superior a la normal en las aguas del acuífero, ya sea por intrusión de agua de mar o por infiltración de aguas irrigadas con control inadecuado. Se tomaron los datos de la Tabla Maestra de Acuíferos publicada por CONAGUA para 2009 y de Salgado y colaboradores (2012). La salinización del acuífero es directamente proporcional a la exposición del acuífero.

5.2.2.2.1.2. Subíndice de Sensibilidad (IS)

Esta componente evalúa el grado de afectación del acuífero debido a la presión ejercida sobre el mismo. Es función de los volúmenes extraídos por uso, la densidad de población y el grado de protección. Las variables se combinan de la siguiente manera:

Fórmula:

$$IS = NC + VU + DP + (1 - GR)$$

Número de concesiones (NC)

Número de concesiones publicadas en el Registro Público de Derechos del Agua (REPGA) para cada acuífero. Es directamente proporcional a la sensibilidad del acuífero.

Volumen por usos (VU)

Impacto derivado de los volúmenes concesionados por los distintos usos. Al volumen por usuario registrado en el REPGA se le asigna un peso de 1 para el uso doméstico, 2 para usos múltiples y 3 para uso agropecuario. El VU es directamente proporcional a la sensibilidad del acuífero. La información extraída de los volúmenes concesionados para cada acuífero del CC-02 del Registro Público de Derechos de Agua (REPGA) de CONAGUA se dispuso por acuífero y por uso final del agua.

Densidad población (DP)

Población registrada sobre la superficie que abarca los límites del acuífero. Es directamente proporcional a la sensibilidad del acuífero. Se extrajeron los datos de población del censo de población para 2010 de INEGI.

Grado de regulación (GR)

Considera los instrumentos de gestión del acuífero. Es inversamente proporcional a la sensibilidad del mismo. Se tomaron en cuenta la pertenencia a un Comité de Aguas Subterráneas (COTAS), la presencia de un plan de manejo y de reglamento específicos para el acuífero. Se tomaron valores de: 0, si tiene; 0.5 si está en proceso; y de 1 si no tiene.

5.2.2.2.1.3. Subíndice de Capacidad de Adaptación (ICA)

Se refiere a la capacidad de ajustarse a los efectos producidos por la presión y la exposición y se relaciona inversamente con la vulnerabilidad. Es función del balance entre la recarga y el volumen concesionado y en el cambio de almacenamiento anual de dicha recarga de la siguiente manera.

Fórmula:

$$ICA = BR + CAR$$





Balance de recarga (BR)

Mide la relación entre la recarga del acuífero y el volumen explotado (concesionado).

Fórmula:

$$SE = \frac{(Recarga - Volumen concesionado)}{Recarga}$$

Cuando el valor es cercano a 1, mayor es la recarga y menor la explotación. Por lo tanto el BR es inversamente proporcional a la sobreexplotación del acuífero. Se tomaron los datos de recarga publicados en el DOF (2010) y los volúmenes de extracción publicados en REPDA a junio de 2013.

Cambio de almacenamiento (CAR)

Se mide a través de la recarga total entre la descarga total en promedio anual. Cuanto más negativo es el cambio mayor es la sobreexplotación del acuífero. Estos valores fueron tomados de las publicaciones de la disponibilidad de acuíferos del DOF para 2010.

Integración de los datos

Todas los indicadores, subíndices e índices fueron normalizados para tomar valores comprendidos entre 0 y 1 de acuerdo a Nijkamp et al. (1990), para ser comparados. Los valores obtenidos son por tanto, relativos únicamente al área de estudio. Pueden agregarse otras CC para comparaciones regionales, nacionales e internacionales, entonces el universo de datos cambiaría y los resultados (clases de IVASS) para la CC-02 se modificarían ya que estarían en relación a las otras CC incluidas. Debido a la importancia del subíndice ICA, por la gravedad que conlleva que los acuíferos se encuentren sobreexplotados, se consideró otorgarle una ponderación con valor de 2 en el algoritmo final del IVASS.

La metodología y resultados de este índice de vulnerabilidad fueron desarrollados y consensuados, revisados y finalmente aprobados por el CC-02, en diciembre de 2013.

5.2.2.2. Resultados del análisis

En el municipio Playas de Rosarito se tiene que la totalidad de la población que reside en las 2,035 manzanas urbanas se encuentra en zonas donde la vulnerabilidad por sequía es baja, de acuerdo al análisis realizado de los acuíferos en el municipio (Tabla V.79).

Tabla V.79. Población en el municipio de Playas de Rosarito en zonas en alguna categoría de vulnerabilidad por sequía.

Vulnerabilidad	Población	%	Manzanas	%
Muy alta	0	0.00	0	0.00
Alta	0	0.00	0	0.00





Media	0	0	0	0
Baja	76,097	100.00	2,035	100.00
Muy baja	0	0.00	0	0.00
Total	76,097	100.00	2,035	100.00

5.2.2.2.3. Ponderación de la vulnerabilidad física

El municipio de Playas de Rosarito, se encuentra localizado parcialmente dentro de los cuatro límites definidos por la CONAGUA como acuíferos: Rosarito, El Descanso, Los Médanos y La Misión (Tabla V.80).

Tabla V.80. Vulnerabilidad de los acuíferos ante la sequía del municipio de Playas de Rosarito.

Clave del Acuífero	Nombre del Acuífero	Condición de vulnerabilidad	Valores
0205	Rosarito	Baja	0.2
0204	Los Médanos	Baja	0.2
0203	El Descanso	Baja	0.2
0206	La Misión	Baja	0.2

5.2.2.2.4. Vulnerabilidad física ante sequías

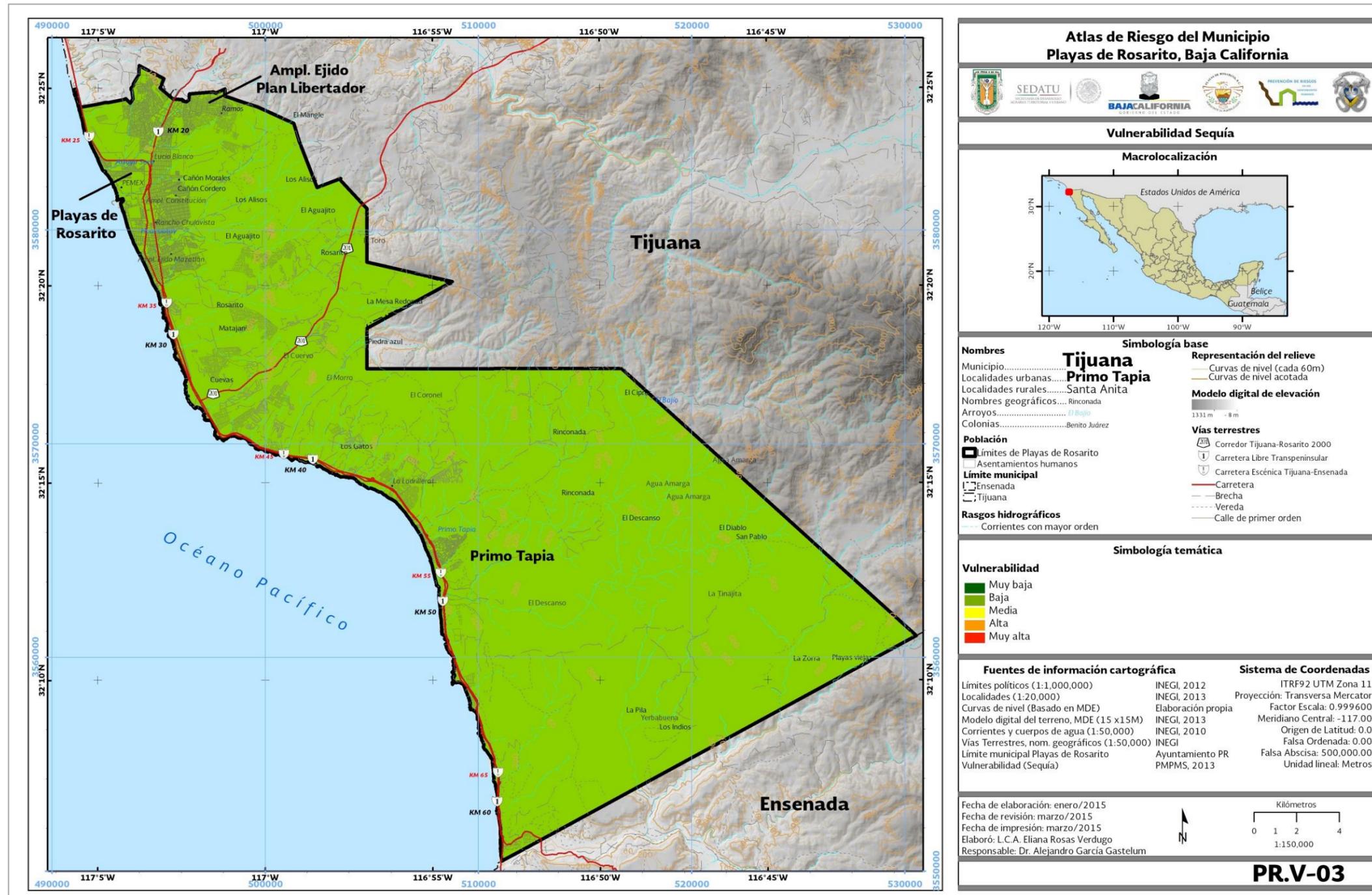


Figura V.29. Índice de vulnerabilidad física ante sequía.



Los resultados muestran que la vulnerabilidad física del municipio es baja (Figura V.29), y esto es debido a que dentro de los factores que se consideraron se encuentra el uso del agua por la población y como se explicó en el apartado de susceptibilidad por sequía, la población no es muy vulnerable ante este fenómeno porque el hecho de estar recibiendo agua del Río Colorado aísla al municipio de las condiciones locales de sequía, siendo así que la vulnerabilidad resulta baja en todo el territorio.

5.2.2.3. Índice de vulnerabilidad social ante sequías

5.2.2.3.1. Metodología y memoria de cálculo para la determinación de la vulnerabilidad social ante sequías

La vulnerabilidad social para todos los agentes perturbadores que se evalúan en el presente atlas corresponde a la desarrollada en el fenómeno de sismos, por lo que no se describe en este apartado. Para conocer a detalle el procedimiento para su evaluación es necesario remitirse al apartado “Metodología y memoria de cálculo para la determinación de la vulnerabilidad social ante sismos”.

5.2.2.3.2. Resultados del análisis

La vulnerabilidad social ante sequías es la misma que para el fenómeno de sismos por lo que no se describe en este apartado. Para conocer a detalle los resultados es necesario remitirse al apartado “Índice de vulnerabilidad social ante sismos” subapartado “Resultados del análisis”.

5.2.2.3.3. Ponderación de la vulnerabilidad social

La vulnerabilidad social para todos los agentes perturbadores que se analizan en el presente documento fue determinada empleando el mismo modelo que para el fenómeno de sismos, por lo que para conocer a detalle la metodología empleada para la ponderación de este índice es necesario remitirse al apartado “Índice de vulnerabilidad social ante sismos” subapartado “Ponderación de la vulnerabilidad social”.

5.2.2.3.4. Vulnerabilidad social ante sequías

Los resultados de la vulnerabilidad social corresponden a los puntualizados en el “Índice de vulnerabilidad social ante sismos” por lo que no se describen en este apartado. Para conocer a detalle la vulnerabilidad social en el municipio de Playas de Rosarito es necesario remitirse a la “Vulnerabilidad social” del apartado antes mencionado.

5.2.3. Heladas



Las heladas pueden ser definidas como la disminución de la temperatura del aire a un valor igual o inferior al punto de congelación del agua 0°C. Cuando esto sucede, se presenta una cubierta de hielo, la cual es producida por la sublimación del vapor de agua sobre los objetos (CENAPRED, 2007). Se presentan particularmente en las noches de invierno debido a una fuerte pérdida radiactiva. La helada suele acompañarse de una inversión térmica junto al suelo, donde se presentan los valores mínimos, que pueden descender a los 2°C o aún más.

Es preciso mencionar que los principales elementos meteorológicos que afectan la formación de heladas son: el viento, la nubosidad, la humedad atmosférica y la radiación solar. Para que una helada se desarrolle deben existir ciertas condiciones de cada uno de los elementos anteriores, es decir, ausencia de viento y nubes, humedad abundante y el aumento de la radiación del suelo hacia el espacio.

Respecto a lo anterior, las heladas pueden estar agrupadas desde tres diferentes puntos de vista, ya sea por su origen climático (heladas por advección, radiación o evaporación), por la época en la que se presentan (en primavera, otoño o invierno), o bien por su aspecto visual (helada negra o blanca), (CENAPRED, 2007).

Teniendo en cuenta lo anterior, los principales estragos que provocan las heladas se ven reflejados en el sector agrícola, sin embargo, también pueden afectar la salud de la población de las zonas rurales y urbanas, las inclemencias de este fenómeno las sufren sobre todo las personas que habitan en casas frágiles o que son indigentes, así como los niños y personas de la tercera edad.

Ahora bien, en el país las consecuencias negativas de las heladas sobre la población se han visto reflejadas principalmente en el estado de Baja California, por las heladas se vieron afectadas 1, 360,477 personas; esto según datos del censo del INEGI del año 2005.

5.2.3.1. Índice de susceptibilidad a heladas

5.2.3.1.1. Metodología y memoria de cálculo para la determinación de la susceptibilidad a heladas

Este fenómeno perturbador se analizó a partir de mapas de riesgo a escala municipal por fenómenos hidrometeorológicos elaborados por el CENAPRED, y los registros climatológicos de tres décadas como mínimo de temperaturas mínimas extremas mensuales, de cada una de las estaciones meteorológicas de la zona de estudio. En este caso se puso especial énfasis en registros de temperaturas mínimas extraordinarias (0° C y por debajo de ella), para trazar isotermas con los valores obtenidos. El fortalecimiento de la metodología se hizo a partir de evidencia histórica recopilada en archivos bibliográficos, aunado a las experiencias de la población respecto al fenómeno en el municipio obtenido con la aplicación de encuestas durante el taller de trabajo.

5.2.3.1.2. Resultados del análisis

En el análisis realizado para heladas, se tiene que existe baja susceptibilidad por este fenómeno hidrometeorológico en el municipio, por lo que el 100% de la población que habita en manzanas urbanas del municipio Playas de Rosarito se encuentra en zonas donde la susceptibilidad por una helada es ligera o baja en este caso.

Tabla V.81 Población del municipio Playas de Rosarito ubicada en alguna zona de susceptibilidad

Susceptibilidad	Población	%	Manzanas	%
Muy Alta	0	0	0	0
Alta	0	0	0	0





Media	0	0	0	0
Baja	76,097	100	2,035	100

5.2.3.1.3. Ponderación de la susceptibilidad

Los rangos establecidos para la evaluación de la susceptibilidad a heladas se definieron tomando como base las categorías de temperatura del Servicio Meteorológico Nacional (2008), de acuerdo a las cualidades gélidas ambientales de las heladas y los efectos ambientales que pudieran presentarse. Los rangos con lo que se trabajó se plasman en la Tabla V.82.

Tabla V.82. Valoración de la susceptibilidad a helada.

Temperatura	Designación	Vulnerabilidad	Condición de susceptibilidad	Rangos de susceptibilidad
0 a -3.5°	Ligera	El agua comienza a congelarse. Daños pequeños a las hojas y tallos de la vegetación. Si hay humedad el ambiente se torna blanco por la escarcha.	Baja	0 – 0.25
-3.6 a -6.4	Moderada	Los pastos, las hierbas y hojas de plantas se marchitan y aparece un color café o negruzco en su follaje. Aparecen los problemas de enfermedades en los humanos, de sus vías respiratorias. Se comienza a utilizar la calefacción.	Media	0.25 - 0.5
-6.5 a -11.5	Severa	Los daños son fuertes en las hojas y frutos de los árboles frutales. Se rompen algunas tuberías de agua por aumento de volumen del hielo. Se incrementan las enfermedades respiratorias. Existen algunos decesos por hipotermia.	Alta	0.5 - 0.75
< 11.5	Muy severa	Muchas plantas pierden todos sus órganos. Algunos frutos no protegidos se dañan totalmente. Los daños son elevados en las zonas tropicales.	Muy Alta	> 0.75

5.2.3.1.4. Susceptibilidad a heladas



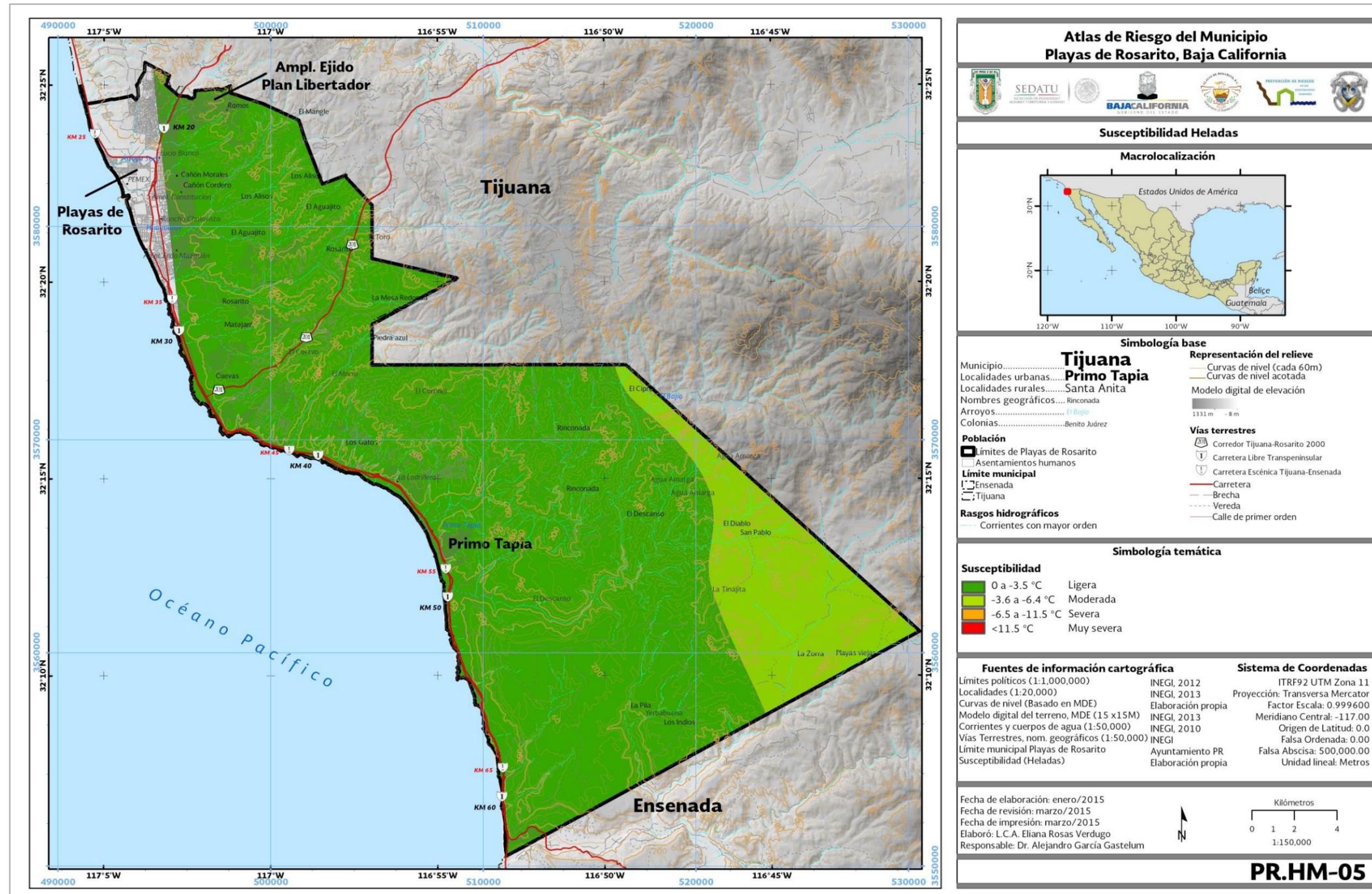


Figura V.30. Índice de susceptibilidad a heladas en el municipio de Playas de Rosarito.

La susceptibilidad a heladas en el municipio es de baja (ligera) a media (moderada), siendo el valor bajo, el que predomina en casi la totalidad de las viviendas de zona urbana y rural del municipio; la porción sureste de Playas de Rosarito corresponde a los valores medios. Mientras que niveles de susceptibilidad alta y muy alta no se presentan (Figura V.30).



5.2.3.2. Índice de vulnerabilidad social ante heladas

5.2.3.2.1. Metodología y memoria de cálculo para la determinación de la vulnerabilidad social ante heladas

La vulnerabilidad social para todos los agentes perturbadores que se evalúan en el presente atlas corresponde a la desarrollada en el fenómeno de sismos, por lo que no se describe en este apartado. Para conocer a detalle el procedimiento para su evaluación es necesario remitirse al apartado “Metodología y memoria de cálculo para la determinación de la vulnerabilidad social ante sismos”.

5.2.3.2.2. Resultados del análisis

La vulnerabilidad social ante heladas es la misma que para el fenómeno de sismos por lo que no se describe en este apartado. Para conocer a detalle los resultados es necesario remitirse al apartado “Índice de vulnerabilidad social ante sismos” subapartado “Resultados del análisis”.

5.2.3.2.3. Ponderación de la vulnerabilidad social

La vulnerabilidad social para todos los agentes perturbadores que se analizan en el presente documento fue determinada empleando el mismo modelo que para el fenómeno de sismos, por lo que para conocer a detalle la metodología empleada para la ponderación de este índice es necesario remitirse al apartado “Índice de vulnerabilidad social ante sismos” subapartado “Ponderación de la vulnerabilidad social”.

5.2.3.2.4. Vulnerabilidad social ante heladas

Los resultados de la vulnerabilidad social corresponden a los puntualizados en el “Índice de vulnerabilidad social ante sismos” por lo que no se describen en este apartado. Para conocer a detalle la vulnerabilidad social en el municipio de Playas de Rosarito es necesario remitirse a la “Vulnerabilidad social” del apartado antes mencionado.

5.2.4. Tormentas de Granizo



Uno de los fenómenos hidrometeorológicos que pueden provocar severos daños a la población son las tormentas de granizo. El granizo es un tipo de precipitación en forma de bolas de hielo, éste puede llegar a convertirse en una tormenta severa cuando las gotas de agua o los copos de nieve formados en las nubes de tipo cumulonimbus son arrastrados por corrientes ascendentes de aire. La mayoría de las tormentas de granizo se presentan durante el verano entre los paralelos 20 y 50, tanto en el hemisferio norte como en el sur.

Las piedras de granizo se forman en los cumulonimbus (grandes nubes formadas por una columna de aire cálido y húmedo que se eleva y se mueve en sentido contrario a las agujas del reloj), a alturas superiores al nivel de congelación y crecen por colisiones sucesivas de las partículas de hielo con gotas de agua sobreenfriada, es decir el agua que está a una temperatura menor que la de su punto de solidificación pero que permanece en estado líquido suspendida en la nube. Cuando la bola de granizo está formada, ésta cae al suelo cuando las corrientes de aire no pueden soportar su peso. Por lo general el granizo tiene un tamaño de 5 milímetros de diámetro, sin embargo, pueden llegar a tener el tamaño de una pelota de golf.

Las tormentas de granizo pueden llegar a ser muy destructivas, por una parte los daños que pueden provocar se manifiestan en inmuebles e infraestructura como en el rompimiento de ventanas, y el abollamiento de la lámina de los automóviles, entre otros. Sin embargo el mayor daño que producen las tormentas afecta a los cultivos. En México los daños más importantes se presentan en las zonas rurales pues estas destruyen las siembras y plantíos, y en algunas ocasiones provocan la muerte del ganado y animales de cría. Por otro lado, en las zonas urbanas afectan a las viviendas, inmuebles e infraestructura pública, pues pueden afectar las áreas verdes, obstruir vías de comunicación y tapar alcantarillas, lo que provoca inundaciones o encharcamientos.

5.2.4.1. Índice de amenaza por tormentas de granizo

5.2.4.1.1. Metodología y memoria de cálculo para la determinación de la amenaza por tormentas de granizo

El nivel de análisis que se alcanzará en este fenómeno corresponde al nivel 1, en el cual el registro histórico de la presencia de este fenómeno en el municipio es fundamental. Se recopiló información sobre los fenómenos acaecidos en el municipio y las afectaciones que tuvo sobre la flora y fauna, principalmente en los sectores agrícola y ganadero, así como a la población, viviendas e infraestructura pública. Se consultó el documento el documento elaborado por el CENAPRED que contiene información acerca del riesgo por fenómenos hidrometeorológicos que corren los municipios.

5.2.4.1.2. Resultados del análisis

Los fenómenos asociados a tormentas de granizo no representan una amenaza relevante para el municipio.

5.2.4.1.3. Ponderación de la amenaza

Los fenómenos asociados a tormentas de granizo no representan una amenaza relevante para el municipio por lo que no se realizó una ponderación.



5.2.4.1.4. Amenaza por tormentas de granizo

Se realizó un taller participativo en el municipio con actores clave y autoridades gubernamentales involucradas en el tema de riesgo por fenómenos naturales, con lo que se fortalece la metodología y la detección de puntos críticos que pueden ser afectados por granizadas, de los cuales manifestaron que en los años 1989, 2001, 2009 y 2011 se presentaron granizadas en el municipio, sin embargo estas se presentan de manera muy esporádica y no han causado ningún daño, por lo que se concluye que los fenómenos asociados a tormentas de granizo no representan una amenaza relevante para el municipio.

5.2.5. Tormentas de Nieve

Generalmente durante el invierno se presentan fenómenos meteorológicos que provocan las nevadas, éstos pueden ser las masas de aire polar y los frentes fríos, que en algunas ocasiones llegan a interactuar con corrientes en chorro, líneas de vaguadas, y entrada de humedad de los océanos hacia tierra adentro. Estos fenómenos provocan tormentas invernales que pueden ser en forma de lluvia, aguanieve o nieve. Las nevadas ocurren en elevaciones aproximadamente por arriba de los 2,000 msnm, por lo que se entiende que la metodología se aplicará en regiones montañosas o en sus faldas (CENAPRED, 2006).

Los daños que las nevadas pueden ocasionar son muerte por hipotermia, aumento de enfermedades en vías respiratorias, daños a la piel, acumulación de nieve en los techos de las casas y por ende su colapso, bloqueo de caminos, congelamiento de la red de agua potable, suspensión de las actividades aéreas, suspensión de actividades diarias como laborales y clases en las escuelas, presencia de avalanchas, pérdidas en la producción de cultivos, muerte del ganado, entre otras.

5.2.5.1. Índice de amenaza por tormentas de nieve

5.2.5.1.1. Metodología y memoria de cálculo para la determinación de la amenaza por tormentas de nieve

Como primera aproximación se obtuvo información topográfica del municipio y se contó con el modelo digital de elevaciones. En el mapa se ubicaron las poblaciones que son susceptibles a nevadas, es decir, aquellas que están por arriba de los 2,000 msnm, o puntos altos y que son susceptibles a nevadas que se encuentren cercanos a las poblaciones. Se identificó la presencia de volcanes o montañas para qué a partir del punto central del cráter del volcán o pico de la montaña se trazarán radios de influencia de tal manera que se incluyan las poblaciones de interés. Con eso se obtuvo una aproximación de la delimitación de la zona de estudio.

Se revisó la información de las estaciones climatológicas que se encuentran en el municipio relacionada al número de días con nevadas al año. Dicha información, así como la referente lluvia, presión atmosférica, velocidad de los vientos, temperaturas, etc., fue proporcionada por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), aunado a esto se hizo una revisión bibliográfica acerca de eventos de nevadas acontecidas en el municipio.

5.2.5.1.2. Resultados del análisis

Los fenómenos asociados a tormentas de nieve no representan una amenaza relevante para el municipio.



5.2.5.1.3. Ponderación de la amenaza

Los fenómenos asociados a tormentas de nieve no representan una amenaza relevante para el municipio por lo que no se realizó una ponderación.

5.2.5.1.4. Amenaza por tormentas de nieve

La altitud máxima del municipio es de 796 m.s.n.m. y su clima árido templado no presenta eventos de nevada, mucho menos eventos de tormentas de nieve. Se concluye que los fenómenos asociados a tormentas de nieve no representan una amenaza relevante para el municipio.

5.2.1. Ciclones Tropicales

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. Cuando éstos se ubican en el hemisferio norte, giran en el sentido contrario a las manecillas del reloj. Estos fenómenos se caracterizan por generar oleajes elevados, ráfagas de vientos de gran intensidad, sobreelevaciones del nivel del mar, al igual que abundantes precipitaciones.

Los ciclones tropicales tienen un área casi circular 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. Se clasifican de acuerdo con la presión que existe en su centro o a la velocidad de sus vientos. Se les denomina depresión tropical (presión de 1008 a 1005 mb o velocidad de los vientos menor que 63 km/h), tormenta tropical (presión de 1004 a 985 mb o velocidad del viento entre 63 y 118 km/h) y huracán (presión menor que 984 mb o velocidad del viento mayor que 119 km/h).



Estos eventos generan un impacto económico importante ya que sus efectos resultan devastadores para la población que habita en los lugares en donde ocurren. Aunque hoy en día se cuenta con tecnología que permite seguir su trayectoria en todo momento como son satélites, radares meteorológicos, aviones por mencionar algunos, todavía siguen cobrando vidas humanas que en ocasiones pueden llegar a cientos o miles, así como cuantiosas pérdidas materiales.

5.2.1.1. Índice de amenaza por ciclones tropicales

5.2.1.1.1. Metodología y memoria de cálculo para la determinación de la amenaza por ciclones tropicales

El análisis de la amenaza por ciclones partió de la investigación bibliográfica de información generada por organismos oficiales como CENAPRED y el National Oceanic and Atmospheric Administration (NOOA), a fin de conocer los eventos ocurridos en el estado de Baja California sus características y trayectorias. Los eventos históricos se caracterizaron con base en la escala de Saffir-Simpson que establece cinco categorías de huracanes de acuerdo a los daños que causan, la velocidad de los vientos y la presión barométrica. Posteriormente los ciclones sucedidos específicamente en el municipio fueron representados cartográficamente.

Se consultó el informe mapas de índices de riesgo a escala municipal por fenómenos hidrometeorológicos elaborado por el CENAPRED. (Jiménez et al. 2012).

5.2.1.1.2. Resultados del análisis

Los fenómenos asociados a ciclones tropicales no representan una amenaza relevante para el municipio.

5.2.1.1.3. Ponderación de la amenaza

Los fenómenos asociados a ciclones tropicales no representan una amenaza relevante para el municipio por lo que no se realizó una ponderación.

5.2.1.1.4. Amenaza por ciclones tropicales

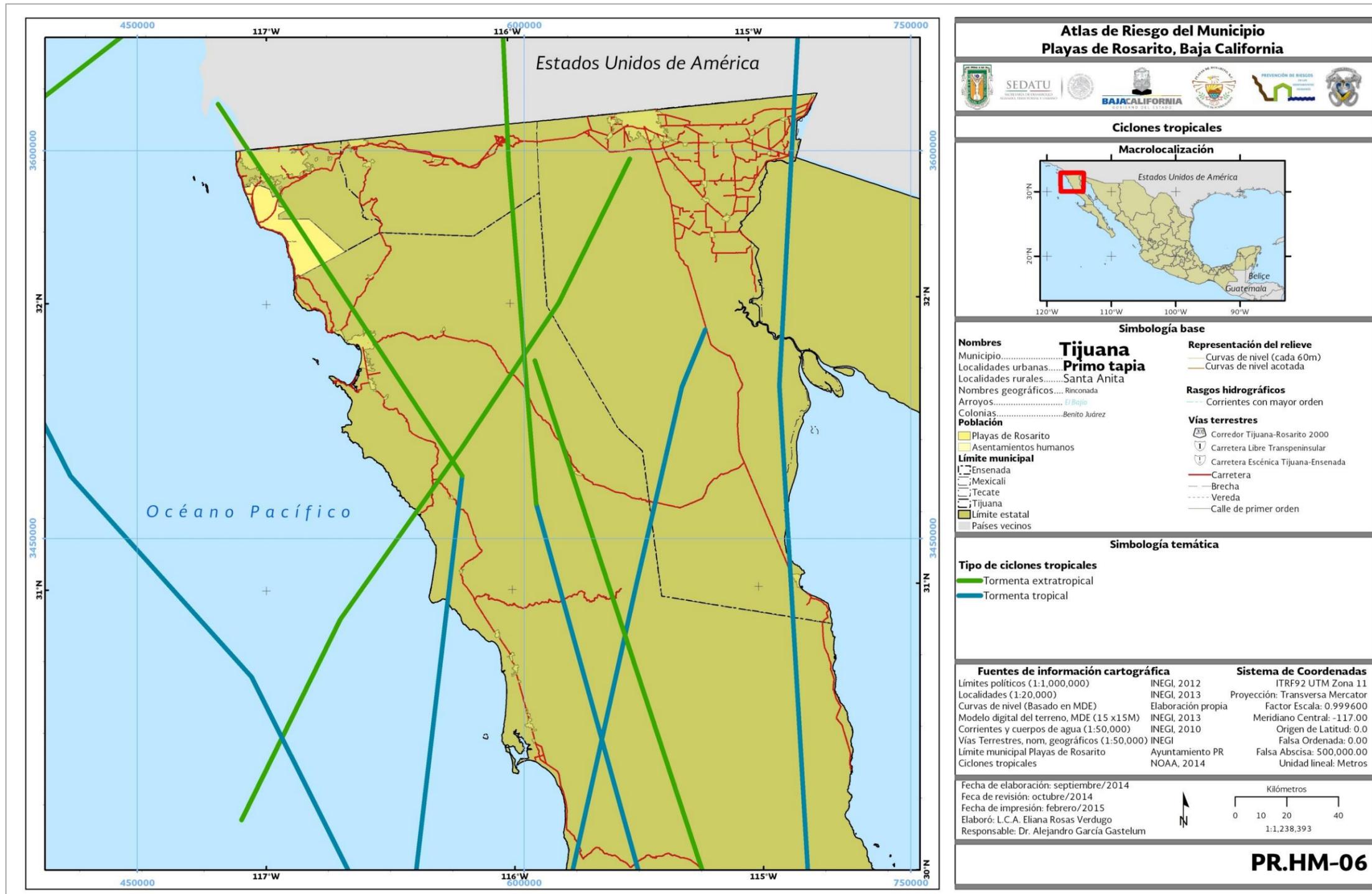


Figura V.31. Trayectorias de ciclones tropicales registrados en el estado de Baja California.

De acuerdo al atlas de riesgo nacional, en el estado de Baja California, solamente el 13% de la población se considera como potencialmente afectada por la ocurrencia de ciclones tropicales. Aunque el documento no precisa el municipio en donde se concentra esta población, se puede inferir por la ocurrencia histórica que se refiere a la porción sur de Ensenada.



A nivel estatal, Baja California aparece con un nivel “mediano” en el "Mapa de peligros por incidencia de ciclones" del atlas nacional debido al municipio de Ensenada que tiene latitudes más sureñas, se puede considerar que el municipio de Playas de Rosarito tiene un nivel “bajo”, por su posición más al norte, su posición al oeste de la península le confiere aguas más frías que del lado este. Ahora, si nos acercamos a la escala municipal, de acuerdo al análisis realizado por el Subsistema de Información sobre Riesgos, Peligros y Vulnerabilidad del CENAPRED, tanto el "grado de peligro por presencia de ciclones tropicales" como el "grado de riesgo por ciclones tropicales" del municipio de Playas de Rosarito entra en la categoría "baja", la categoría más baja que se maneja a nivel nacional.

Los municipios vecinos, Tijuana y Tecate al este también tienen categoría "baja" en los dos índices anteriores, Ensenada al sur tiene la categoría siguiente ("media") principalmente por su amplio territorio que se extiende 500 kilómetros hacia el sur, hasta llegar al paralelo 28 N, donde las condiciones climáticas cambian totalmente.

Lo anterior se confirma por los registros históricos, los cuales nos revelan que, según la base de datos del National Hurricane Center Data Archive de 1902 a la fecha, solamente un evento pasó por el municipio de Playas de Rosarito, dicho evento clasificado solamente como depresión tropical en 1963 con velocidades de 25 nudos, sin mayores consecuencias (Figura V.8). Es así que se concluye que los ciclones tropicales no representan una amenaza relevante para el municipio puesto que es poco probable que ocurran.

Se concluye que los fenómenos asociados a ciclones tropicales no representan una amenaza relevante para el municipio (nivel muy bajo).

5.2.2. Tornados

Un tornado es el resultado de una gran inestabilidad, una perturbación atmosférica violenta en forma de vórtice, que se desarrolla en la base de una nube de tipo cumuliforme; es provocado por un fuerte descenso de la presión de este fenómeno y fuertes vientos que circulan en forma ciclónica alrededor del mismo. Puede originarse sobre la superficie de la tierra o en un cuerpo de agua. Lo que desencadena que un tornado se forme es el



choque de masas de aire con diferentes características físicas entre las que se encuentran la densidad, temperatura, humedad y velocidad. En ocasiones se presentan como un cilindro, y el tamaño puede variar, desde decenas de metros hasta un kilómetro; también el diámetro varía ligeramente entre la base de la nube y la superficie del suelo. En ocasiones pueden estar constituidos de varios vórtices que circulan alrededor del tornado más grande, éstos se pueden formar y desaparecer en cuestión de segundos.

Algunas de las características que distinguen a los tornados son las siguientes: tienen un desarrollo a escala local, las velocidades que alcanzan varían entre los 60 y 420 km/h y en algunos casos pueden alcanzar los 500 km/h; el diámetro promedio de los tornados es de 250 metros pero oscila entre los 100 metros y un kilómetro, y la duración de este fenómeno puede ir desde unos minutos hasta unas horas en casos excepcionales.

Este fenómeno se presenta por lo general entre los meses de febrero a octubre, siendo abril, junio y agosto los meses con mayor actividad, aunque debido a la falta de estudios sobre tornados este patrón no está definido.

Aunque los tornados son locales, la rapidez con la que se desarrollan los hace peligrosos para la población. Los daños que ocasionan van desde pérdidas económicas pues pueden afectar a la agricultura, las viviendas, la infraestructura urbana, también afectan a las personas pues pueden provocarles lesiones, e incluso, puede haber pérdidas humanas.

5.2.2.1. Índice de amenaza por tornados

5.2.2.1.1. Metodología y memoria de cálculo para la determinación de la amenaza por tornados

El análisis del fenómeno consistió en revisión bibliográfica acerca de la presencia del fenómeno en el municipio. Se consultó el Atlas Nacional de Riesgos para saber si el municipio se encuentra propenso a sufrir por la presencia de tornados. Para fortalecer la metodología se aplicaron encuestas a personas representantes de la sociedad civil y a autoridades gubernamentales relacionadas con el tema de riesgo por fenómenos naturales para tener un acercamiento puntual de la presencia del fenómeno en el municipio.

5.2.2.1.2. Resultados del análisis

Los fenómenos asociados a tornados no representan una amenaza relevante para el municipio.

5.2.2.1.3. Ponderación de la amenaza

Los fenómenos asociados a tornados no representan una amenaza relevante para el municipio por lo que no se realizó una ponderación.



5.2.2.1.4. Amenaza por tornados

A escala municipal, de acuerdo al Subsistema de Información sobre Riesgos, Peligros y Vulnerabilidad (CENAPRED, 2015), hay ausencia de tornados en el municipio de Playas de Rosarito puesto que entra en la categoría "ausente", lo que nos permite concluir que los fenómenos asociados a tornados no representan una amenaza relevante para el municipio.

5.2.3. Tormentas de Polvo

Cuando las tormentas de polvo se presentan surgen como enormes muros de polvo y escombros que van avanzando, las cuales pueden tener varios cientos de metros de longitud y varios metros de altura. Suelen ocurrir repentinamente sin dar aviso, por lo que se pueden presentar condiciones peligrosas. El polvo que acarrea la tormenta puede cegar, ahogar y reducir significativamente la visibilidad, provocando accidentes automovilísticos. La tormenta por lo regular dura algunos minutos, sin embargo los estragos que puede generar pueden ser significativos (NOAA, 2014).

5.2.3.1. Índice de amenaza por tormentas de polvo

5.2.3.1.1. Metodología y memoria de cálculo para la determinación de la amenaza por tormentas de polvo

En el análisis de este fenómeno se consultó información bibliográfica y hemerográfica de la presencia de tormentas de polvo en el municipio. Además se hizo un taller participativo al cual asistieron representantes de la sociedad civil y autoridades gubernamentales. En el taller se aplicaron encuestas para recabar las vivencias de la sociedad respecto al fenómeno y su ocurrencia en el municipio.

5.2.3.1.2. Resultados del análisis

Los fenómenos asociados a tormentas de polvo no representan una amenaza relevante para el municipio.

5.2.3.1.3. Ponderación de la amenaza

Los fenómenos asociados a tormentas de polvo no representan una amenaza relevante para el municipio por lo que no se realizó una ponderación.

5.2.3.1.4. Amenaza por tormentas de polvo



En el municipio no se llega a presentar este tipo de tormentas, sin embargo se registran los vientos de Santa Ana que pueden provocar la presencia de polvaredas en la región. La condición Santa Ana se presenta por lo general durante el otoño y el invierno, caracterizada principalmente por el viento seco que proviene del noreste, el cual a su paso levanta tolveneras que llenan de polvo todos los rincones (Ortiz, 2012).

La condición Santa Ana favorece la generación de incendios forestales debido a que existe poca humedad el ambiente. Entonces las afectaciones a la población por este fenómeno son alergias en las vías respiratorias generadas por respirar el polvo además del potencial humo de los incendios generados por la condición (op. cit.).

Se concluye que los fenómenos asociados a las tormentas de polvo representan una amenaza muy baja para el municipio.

5.2.4. Tormentas Eléctricas

Las descargas bruscas de electricidad atmosférica que se manifiestan como un resplandor breve llamado rayo o relámpago, y un ruido seco o estruendo denominado trueno, son conocidas como tormentas eléctricas. Éstas por lo general se asocian a cumulonimbus y están acompañadas por chubascos, aunque en ocasiones también pueden acompañarse de nieve y granizo. Son fenómenos naturales con una distribución local llegando a abarcar solo unas decenas de kilómetros cuadrados (CENAPRED, 2010).

El fenómeno eléctrico comienza con una corriente ascendente de aire con velocidades en aumento cerca del tope. Cuando el aire húmedo y tibio de abajo asciende, éste se enfría y se condensa, arrastrando el aire de los costados. Cuando esto sucede libera calor y por lo tanto va a seguir siendo más caliente que el aire circundante, por lo que continuará subiendo a zonas más frías. La corriente, de unos 100 kilómetros por hora, sube hasta llegar a los 10,000 o 15,000 metros del nivel de la superficie. Las gotas condensadas se enfrían más (llegan a temperaturas por debajo de 0°C). Al ser un estado metaestable, en un momento dado, hay una desaparición rápida de agua y formación de hielo. Las partículas de hielo se vuelven demasiado pesadas como para que la corriente ascendente las manteniendo suspendidas y entonces empiezan a caer, y arrastran aire circundante creando una corriente descendente del aire frío que originalmente estaba a gran altura. Éste es el viento frío que anticipa la tormenta (Golup, 2002).

Pueden haber tres tipos de rayos, dependiendo de dónde se producen y dónde terminan, éstos pueden ser: nube-aire, nube-nube y nube-suelo. En el mundo se producen aproximadamente 40,000 tormentas eléctricas diarias y caen aproximadamente 100 rayos por segundo habiendo un máximo de actividad a las 19:00 horas de Greenwich (CENAPRED, 2010).

Los principales problemas que generan las tormentas eléctricas van desde herir a una persona hasta provocar la muerte de la misma, también pueden provocar daños materiales en las viviendas (como en aparatos electrodomésticos), y la pérdida de ganado. En algunas ocasiones, las descargas eléctricas pueden provocar el retraso de las aeronaves y accidentes aéreos, siendo el mayor peligro para la aviación. Por estas razones, la prevención de tormentas eléctricas es de gran importancia, ya que al aire libre, no hay un lugar 100% seguro contra los rayos (Naranjo, 2010).

En México se llegan a presentar en promedio 220 pérdidas humanas por el alcance de un rayo. El estado con mayores decesos producidos por el alcance de éstos es el Estado de México, que durante el periodo de 1985 al 2006 superó los 10,000 decesos, mientras que el estado de Baja California no superó los 20 decesos en ese período (CENAPRED, 2010).

5.2.4.1. Índice de amenaza por tormentas eléctricas



5.2.4.1.1. Metodología y memoria de cálculo para la determinación de la amenaza por tormentas eléctricas

Se realizó una consulta bibliográfica y hemerográfica que sirvió de base para tener evidencia histórica acerca de eventos de tormentas eléctricas sucedidos en el pasado. Como apoyo a la metodología y para tener mayor evidencia acerca de la presencia del fenómeno en el municipio, se aplicó una encuesta a la población civil y autoridades gubernamentales involucradas en el tema de riesgo por fenómenos naturales.

5.2.4.1.2. Resultados del análisis

Los fenómenos asociados a tormentas eléctricas no representan una amenaza relevante para el municipio.

5.2.4.1.3. Ponderación de la amenaza

Los fenómenos asociados a tormentas eléctricas no representan una amenaza relevante para el municipio por lo que no se realizó una ponderación.

5.2.4.1.4. Amenaza por tormentas eléctricas

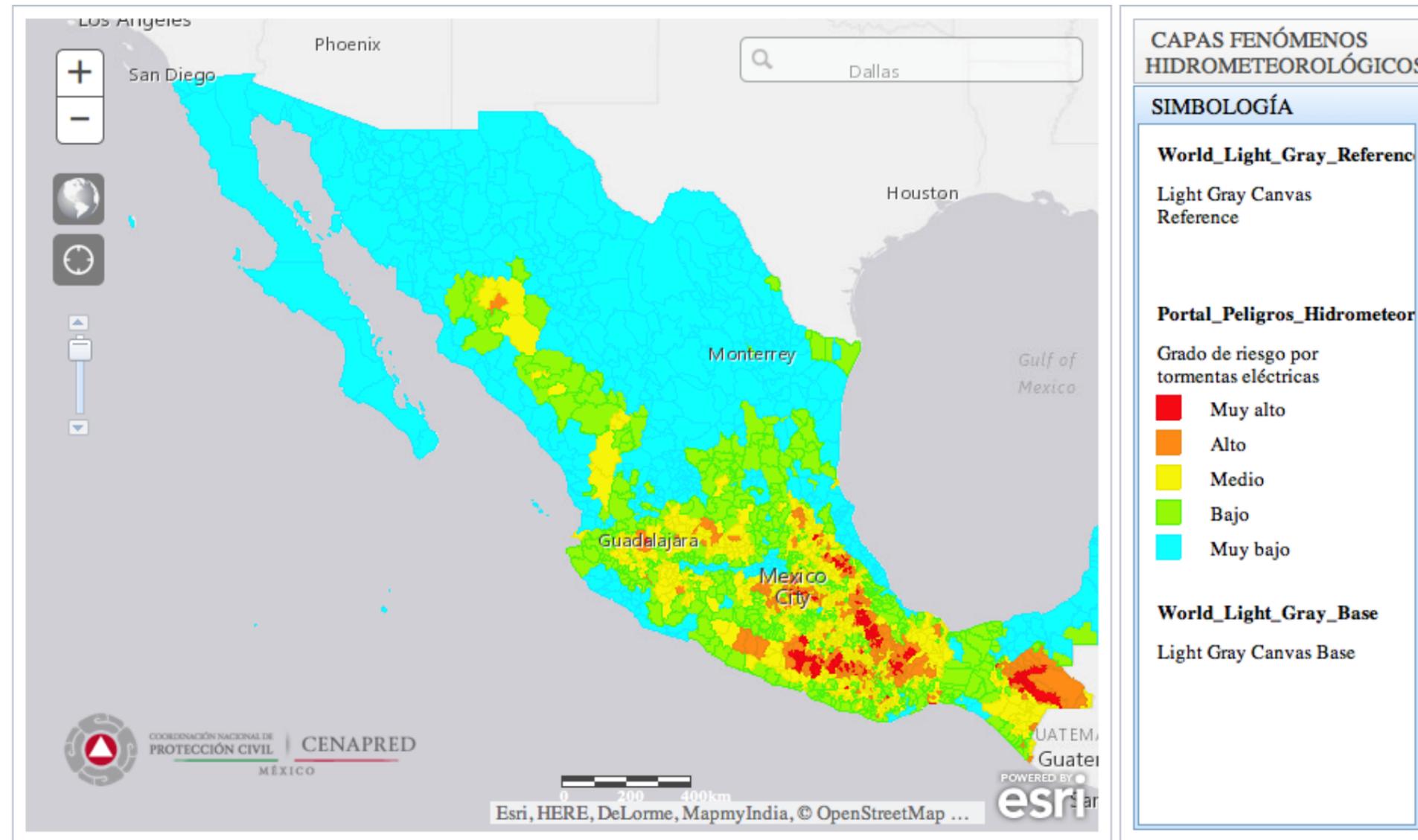


Figura V.32. Grado de riesgo por tormentas eléctricas.

Fuente: CENAPRED, 2015.

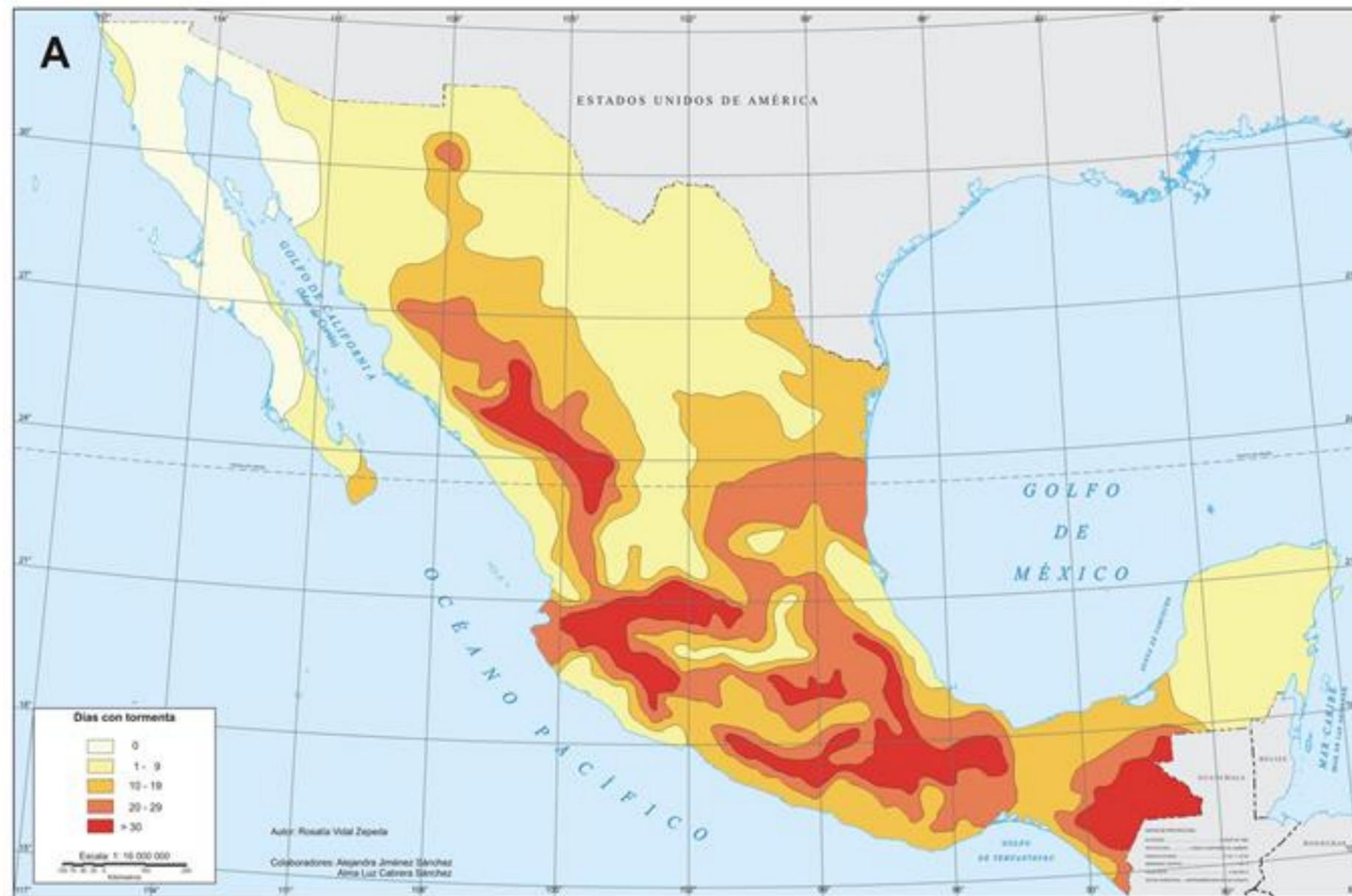


Figura V.33. Promedio anual de días con tormenta eléctrica en el país.
Fuente: UNAM, 2007.



A la escala municipal, de acuerdo al Subsistema de Información sobre Riesgos, Peligros y Vulnerabilidad (CENAPRED, 2015), el “grado de riesgo por tormentas eléctricas del municipio de Playas de Rosarito” entra en la categoría muy bajo, la categoría más baja de las cinco que se maneja para todo el territorio nacional (Figura V.32), confirmando la información recabada durante los talleres de participación de que las tormentas eléctricas son extremadamente escasas. De acuerdo al Atlas Nacional de México elaborado por el Instituto de Geografía de la UNAM (2007), en Playas de Rosarito se presentan en promedio entre uno y nueve días con tormentas eléctricas al año como se muestra en la Figura V.33.

Se concluye que los fenómenos asociados a tormentas eléctricas no representan una amenaza relevante para el municipio.

5.2.5. Lluvias extremas

La precipitación pluvial o lluvia, se refiere a cualquier forma de agua que cae de la atmósfera a la superficie de la Tierra. Existen diferentes tipos de lluvias, su nombre está asociado al fenómeno por el cual se produjeron es así que hay lluvias ciclónicas, de frentes cálidos y fríos, orográficas (o frontal) y convectivas; las tormentas de invierno son las que afectan a la zona del país en donde se ubica el municipio de Playas de Rosarito (CENAPRED, 2006).

Las lluvias extremas, es decir, aquellas cuya cantidad rebasa los umbrales previamente establecidos. Los niveles de intensidad de lluvia se refiere a la cantidad de precipitación que cae en un determinado tiempo se mide en milímetros por hora; la intensidad cambia a lo largo de la lluvia siendo mayor al inicio y va disminuyendo a medida de que la duración se alarga (Maderey, s.f.). Se pueden clasificar de diversas maneras dependiendo en muchos casos del clima regional o local, es así que los niveles de intensidad resultan muy relativos a cada zona del país debido a la particularidad de su clima, su posición geográfica, el régimen de lluvias, entre otros.

Las lluvias torrenciales o extremas son uno de los detonantes de la inestabilidad de laderas, la inundación pluvial o costera, problemas de erosión por su parte las lluvias extremas en ocasiones son producto de los efectos de los ciclones tropicales, tormentas invernales o frentes fríos como el sucedido en 1993 en Tijuana cuando Rosarito aún formaba parte de este municipio.

5.2.5.1. Índice de susceptibilidad a lluvias extremas

5.2.5.1.1. Metodología y memoria de cálculo para la determinación de la susceptibilidad por lluvias extremas

La definición de la intensidad de lluvia se desarrolló con base en la clasificación establecida por el Instituto Nacional de Meteorología según el criterio de acumulación en una hora, como se muestra en la Tabla V.83 (Moncho, s.f.).

Tabla V.83. Nivel de intensidad de lluvia de acuerdo a la acumulación por hora.

Intensidad de lluvia	Acumulación en 1 hora
----------------------	-----------------------





Atlas de Riesgos del Municipio de Playas de Rosarito, 2015

Débil	Menos de 2 mm
Moderada	2.1 a 15 mm
Fuerte	15.1 a 30 mm
Muy fuerte	30.1 a 60 mm
Torrencial	Más de 60 mm

La información que sirvió para la digitalización de las isoyetas empleadas para la evaluación de la susceptibilidad por lluvias extremas se obtuvo de información publicada por la Secretaría de Comunicaciones y Transporte (2015), isoyetas de intensidad - duración - periodo de retorno para la República Mexicana.

5.2.5.1.2. Resultados del análisis

El análisis de lluvias extremas en el municipio Playas de Rosarito muestra que el 100% de la población (76,097 habitantes) que reside en manzanas urbanas se encuentra en una zona donde la susceptibilidad por este fenómeno hidrometeorológico es media, esto representa también el 100% de las manzanas urbanas del municipio.

Tabla V.84. Población del municipio Playas de Rosarito ubicada en alguna zona de susceptibilidad.

Susceptibilidad	Población	%	Manzanas	%
Muy Alta	0	0	0	0
Alta	0	0	0	0
Media	76,097	100	2,035	100
Baja	0	0	0	0
Muy Baja	0	0	0	0

5.2.5.1.3. Ponderación de la susceptibilidad

El establecimiento de los cinco niveles de susceptibilidad para el fenómeno de lluvias extremas se realizó tomando como base los milímetros de lluvia acumulada por hora como se observa en la Tabla V.85

Tabla V.85. Niveles de susceptibilidad de acuerdo a la acumulación de lluvia.

Acumulación en 1 hora	Nivel de susceptibilidad
-----------------------	--------------------------



Atlas de Riesgos del Municipio de Playas de Rosarito, 2015

Menos de 2 mm	Muy Baja
2.1 a 15 mm	Baja
15.1 a 30 mm	Media
30.1 a 60 mm	Alta
Más de 60 mm	Muy Alta



5.2.5.1.4. Susceptibilidad por lluvias extremas

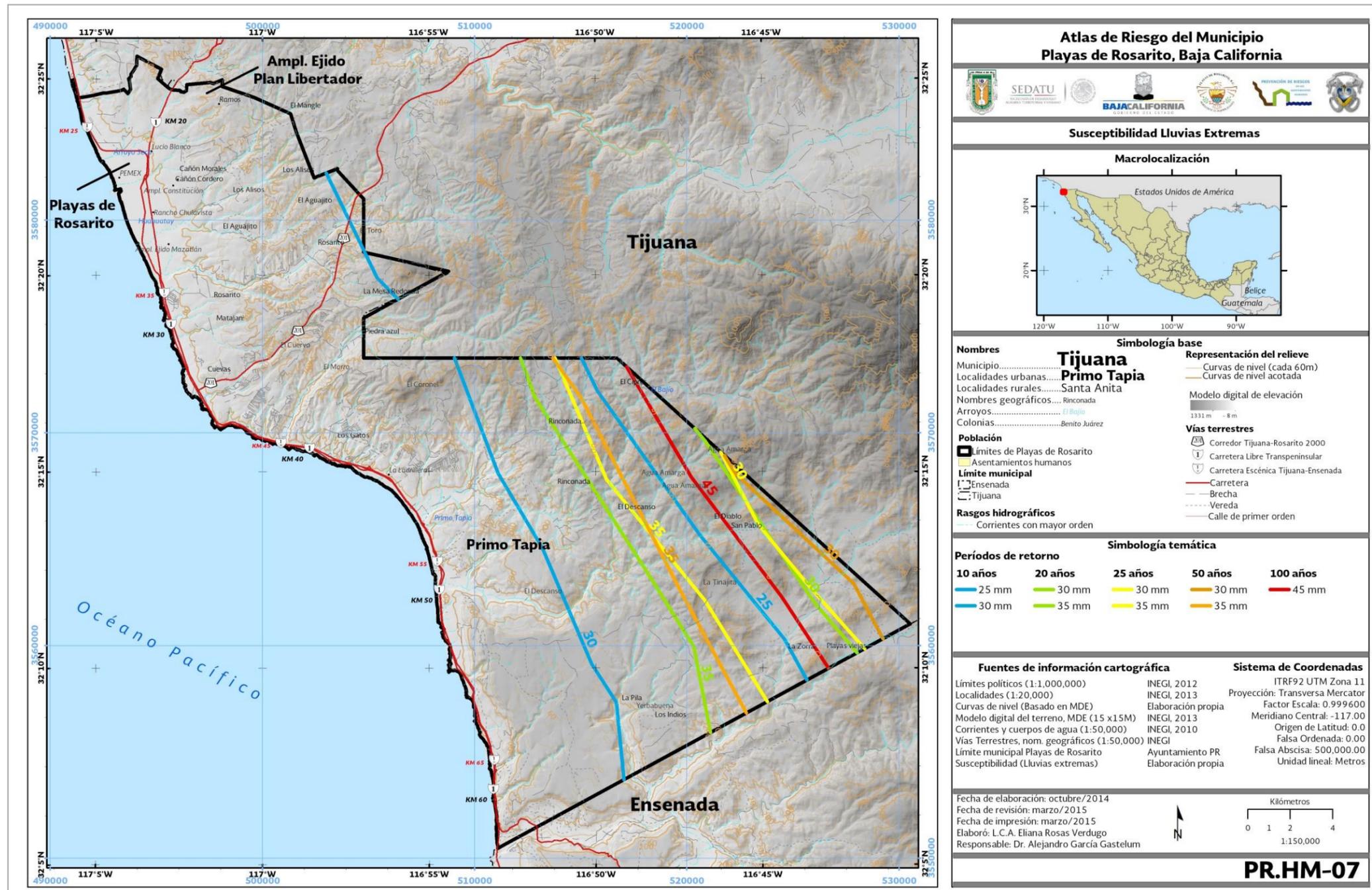


Figura V.34. Isoyetas de acumulación de lluvia en 60 min, con periodos de retorno de 10, 20, 25, 50 y 100 años.



De los resultados tenemos que las isoyetas aumentan de la zona costa hacia las cotas mayores, la intensidad de lluvia con una concentración de 60 min, varía entre los 25 y 45 mm, para periodos de retorno de lluvias de 10, 20, 25, 50 y 100 años, considerándose una lluvia muy fuerte (Figura V.34).

Tabla V.86. Intensidad de lluvia en 60 min con periodos de retorno de 10, 20, 25, 50 y 100.

Intensidad	Acumulación en 1 h	Periodo de retorno años
Muy fuerte	25 y 30 mm	10
Muy fuerte	30 y 35	20
Muy fuerte	30 y 35	25
Muy fuerte	30 y 35	50
Muy fuerte	45	100

5.2.6. Inundaciones pluviales y fluviales

Las inundaciones provocan graves consecuencias a la población. Se tiene documentado son uno de los fenómenos desastrosos que ha aumentado considerablemente en los últimos años, más que cualquier otro fenómeno. Esto se puede evidenciar en los registros que tienen la cruz roja internacional, donde se reporta que entre el período de 1919 a 2004 han tenido mayor participación en este tipo de desastres que en cualquier otro, como los sismos, incendios o erupciones volcánicas (CENAPRED, 2004).

En el municipio de Playas de Rosarito, es el fenómeno que mayor frecuencia tiene en los registros históricos. Se pueden citar las sucedidas en los años de 1993, 1998, años en los cuales se vieron afectadas las colonias, Rosarito, Mazatlán, Lucio Blanco, Lomas Altas II, Mauro Guzmán, Terrazas del Pacífico, Ejido Morelos, Cañón Cordero, Crosthwaite, Echeverría, Machado, Obrera, Aztlán, Constitución, entre otras, por lo cual es importante realizar un análisis de este fenómeno y localizar las áreas en riesgo para evitar en lo posible daños y pérdidas.

Se puede comenzar definiendo este fenómeno. Una inundación está definida como el aumento del nivel del agua por arriba del nivel normal del cauce, se debe entender que el nivel normal de un cauce es la elevación de la superficie del agua que no causa daños o pérdidas. Una inundación es aquel evento que puede estar provocado por precipitaciones, oleaje, marea de tormenta o la falla de alguna estructura hidráulica lo que puede resultar en el incremento en el nivel de la superficie libre del agua de ríos o el mar mismo, generando invasión o penetración de agua en sitios donde usualmente no la hay y, eventualmente, daños a la población, zonas de actividades agropecuarias e infraestructura en general (op. cit.).

Las inundaciones pueden estar clasificadas por su origen o por el tiempo de respuesta de la cuenca. De acuerdo a su origen éstas pueden ser costeras, orográficas, invernales, conectivas, fluviales, pluviales y por la falla de una infraestructura hidráulica; por otra parte, la clasificación de acuerdo a la respuesta de la cuenca las divide en lentas y súbitas (op. cit.).

En este apartado se evaluaron las inundaciones pluviales y fluviales. Las inundaciones pluviales son consecuencia de las precipitaciones. Cuando las lluvias son intensas el suelo se satura, por lo que el agua de lluvia comienza a acumularse para luego permanecer en el lugar por horas e incluso días. Es importante destacar que la principal característica de este tipo de inundaciones es que el agua acumulada sobre una zona, es la que se



precipita sobre ella, no la que viene de alguna otra parte como por ejemplo la que proviene da la parte alta de la cuenca. Las precipitaciones fuertes se pueden deber a los ciclones tropicales, a la condensación de corrientes de aire húmedo que choca con las barreras montañosas, los frentes fríos y las lluvias conectivas (op. cit.).

Por otro lado, de acuerdo a CENAPRED (2014), las inundaciones fluviales son las que se generan cuando el agua se desborda de los ríos y queda sobre la superficie de los terrenos que están cercanos a ellos. Este tipo de inundaciones difiere de las pluviales, debido a que el agua que se desborda de los arroyos proviene de precipitaciones en zonas registradas en cualquier parte de la cuenca tributaria y no necesariamente a la lluvia que cae en donde se presenta la inundación. Es importante considerar que las inundaciones fluviales más importantes tendrán lugar en ríos con más desarrollo, es decir aquellos que tengan mayor longitud o lleguen hasta las planicies costeras, esto porque el volumen que escurre sobre el terreno a través de los cauces, se va incrementando con el área de aportación de la cuenca.

5.2.6.1. Índice de peligro por inundaciones pluviales

5.2.6.1.1. Metodología y memoria de cálculo para la determinación del peligro por inundaciones pluviales

Debido en que el municipio no existen ríos, la inundación fluvial, no será evaluada, sólo la inundación pluvial.

La metodología empleada para la determinación de la peligrosidad de inundación, se basó en el método propuesto por Salas-Salina, (2011) y Eslava y colaboradores (2006), que forman parte de la metodología de CENAPRED. Esta se basó en la construcción de los modelos hidrológico (ArcGIS) e hidrometeorológico (HEC-RAS) donde se calcularon el gasto y concentración máxima de lluvia para los periodos de retorno de 5, 10, 25, 50 y años.

El peligro por inundación se realizó en los dos principales arroyos de la zona urbana de Playas de Rosarito, tomando los resultados publicados por el Atlas de Riesgos del Estado de Baja California (CICESE, inédito). En la memoria técnica del fenómeno de inundación se encuentran los cálculos realizados.

5.2.6.1.2. Resultados del análisis

De acuerdo al análisis realizado para evaluar el peligro de inundación en el municipio Playas de Rosarito se tiene que en las zonas donde puede llegar a haber inundaciones el 7.43% de la población, es decir 5,728 habitantes ubicados en 89 manzanas urbanas, residen en zonas donde el peligro por este fenómeno es muy alto.

Tabla V.87. Población del municipio Playas de Rosarito ubicada en alguna zona de peligro.

Peligro	Población	%	Manzanas	%
Muy Alta	5718	7.43	89	0.17





Atlas de Riesgos del Municipio de Playas de Rosarito, 2015

Alta	0	0	0	0
Media	0	0	0	0
Baja	0	0	0	0
Muy Baja	0	0	0	0

5.2.6.1.3. Ponderación de la amenaza

En cuanto a los niveles de peligrosidad de acuerdo a lo establecido por Salas-Salinas (2011), se llega a determinar la delimitación de la planicie de inundación para un escenario determinado. Para este documento, dicho límite se considera como una peligrosidad muy alta, en un periodo de retorno de 100 años.

5.2.6.1.4. Peligro por inundaciones pluviales

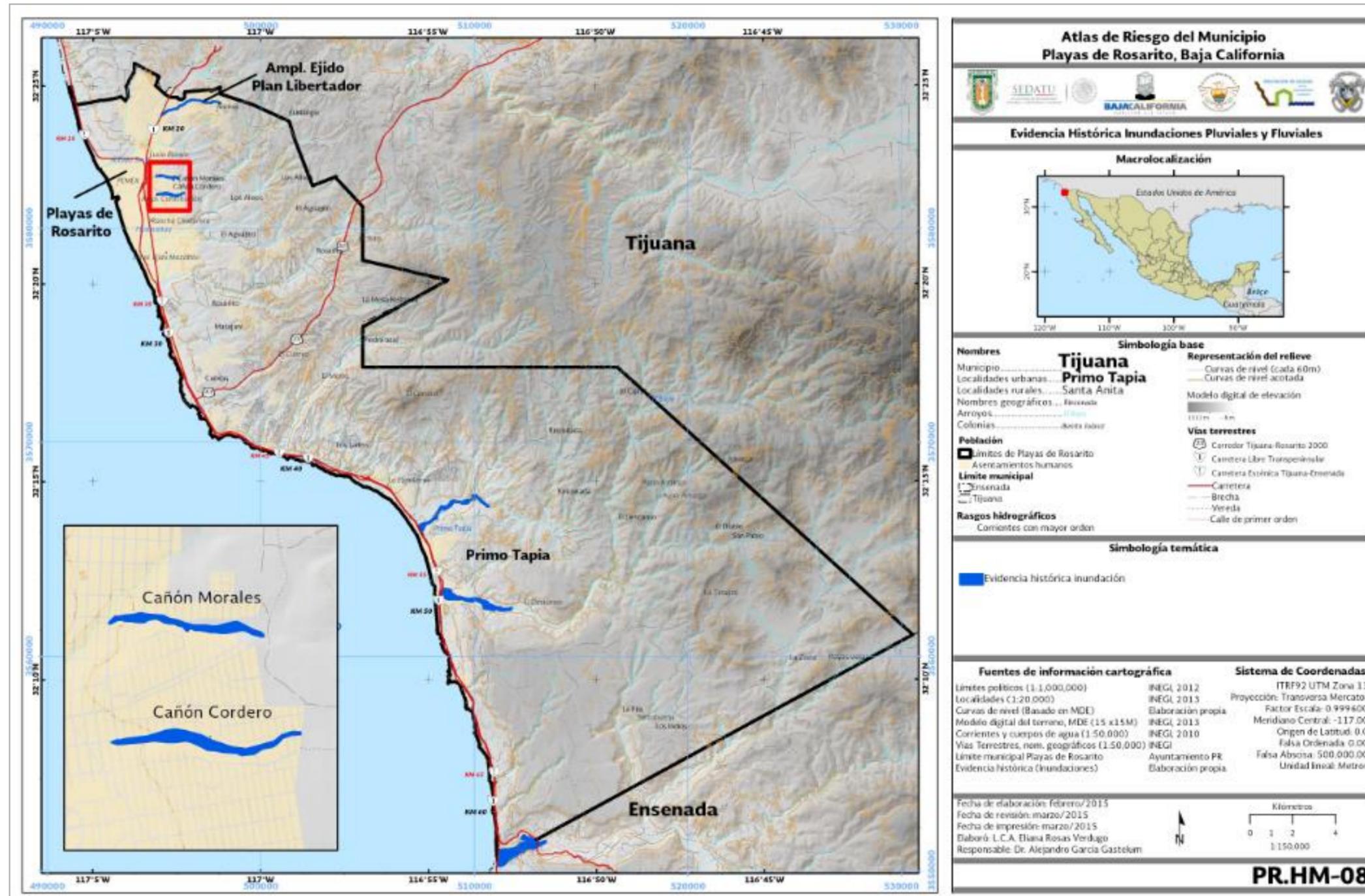


Figura V.35. Evidencia histórica de inundaciones pluviales en el municipio de Playas de Rosarito.



Evidencia histórica

La evidencia histórica recabada en el taller de trabajo con actores clave, en conjunto con información del archivo histórico de Tijuana, consultas de periódicos de circulación regional, censos de viviendas en zonas de riesgo de Protección Civil y evidencia fotográfica proporcionada por el extitular de Protección Civil del Ayuntamiento de Playas de Rosarito muestran que en los años de 1993 y 1998 se registraron intensas lluvias que provocaron grandes afectaciones a varias familias, las lluvias arrastraron toda clase de desechos su intensidad era tal que se llevó a su paso automóviles, el caudal de ciertos arroyos aumentó considerablemente.

Las zonas principalmente afectadas se ubican en el cañón Morales (colonia Lucio Blanco) y Cordero las cuales son consideradas zonas de alta vulnerabilidad ante inundaciones repentinas e inestabilidad de laderas, otras zonas afectadas fueron el cañón Huahuatay, la zona centro, Ampliación Ejido Plan Libertador, colonia Crosthwaite en la calle 5 de Mayo, al norte de la localidad urbana Primo Tapia en Los Médanos al sur en la zona de El Descanso y Santa Anita (Figura V.37). Las inundaciones son eventos recurrentes que a la fecha han causado pérdidas humanas, por ejemplo en 1998 cuando el agua alcanzó cerca de los 2 m de altura se registraron nueve decesos en la zona del arroyo Huahuatay, además de algunas personas lesionadas, daños en más de 100 viviendas y en infraestructura carretera particularmente en el Boulevard Benito Juárez.

En 2008 las colonias Miramar y Basó se inundaron, el agua llegó según pobladores a los 50 cm de altura, otra zona con problemas de inundación en este año fue el cañón Morales con alrededor de 200 familias damnificadas; en 2010 se inundó la colonia Huahuatay una vivienda fue arrasada y el cañón Cordero el cual quedó incomunicado a causa de las lluvias, el tránsito local en la zona se vuelve complicado en temporada de lluvias debido a que el agua puede alcanzar 30 cm y se estanca hasta por un día y medio. La información específica de cada una de las zonas mencionadas en este apartado puede consultarse en el Anexo II. Fichas técnicas de caracterización.

Los problemas de inundación en el municipio se deben principalmente a la existencia de asentamientos humanos sobre los cauces de los arroyos o en los márgenes de los mismos, el asolvamientos de los arroyos y modificación de los cauces.

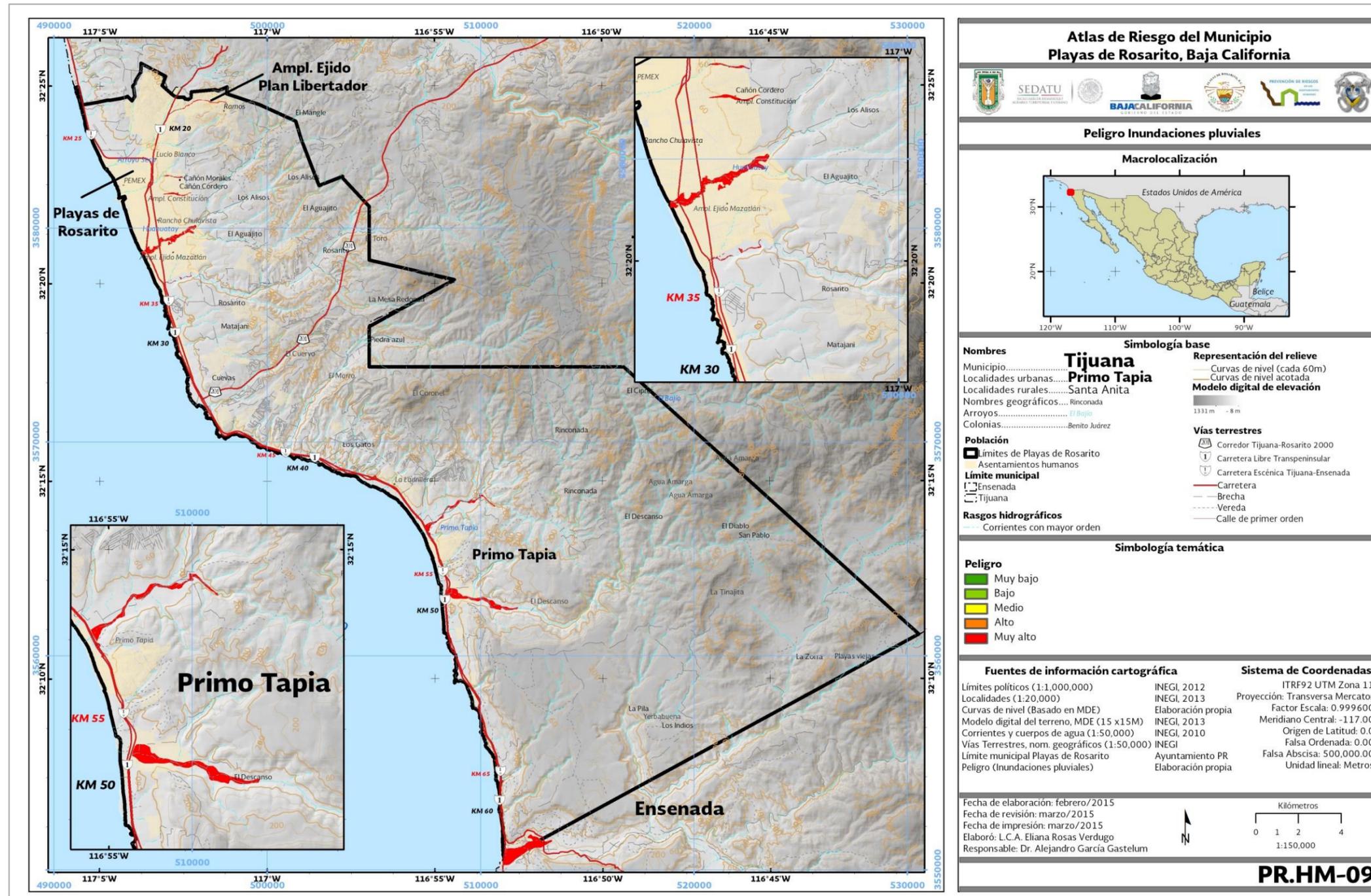


Figura V.36. Índice de peligro por inundación pluvial en el municipio de Playas de Rosarito.



El peligro por inundación pluvial se dividió por los dos arroyos que cruzan la zona urbana del municipio, el arroyo Rosarito y arroyo Huahuatay.

Arroyo Rosarito

El arroyo Rosarito, es el que tiene la mayor área de drenaje, cuenta con 72, 031,418 m², sin embargo toca sólo la porción sur de la mancha urbana e históricamente es el que menores problemas ha presentado. En cuanto a los resultados del peligro, el cauce que ha sido muy poco intervenido, maneja de manera apropiada los eventos episódicos de lluvias extraordinarias, en las modelaciones realizadas para los periodos de retorno de 5, 10, 25, 50 y 100 años, el área de inundación, es relativamente pequeña y varía entre los 22,200 a 47, 400 m² (2.2 a 4.7 hectáreas), y sus zonas de afectación se restringen a una pequeña área localizada entre la autopista Tijuana – Ensenada y el Boulevard 2000 (Tabla V.88, Figura V.36)

Tabla V.88. Áreas de inundación por periodos de retorno del Arroyo Rosarito.

Arroyo	Periodo de retorno	Área de Inundación (m ²)
Rosarito	100	47,439
Rosarito	50	36,053
Rosarito	25	29,637
Rosarito	10	25,837
Rosarito	5	22,208
	TOTAL	161,174

Arroyo Huahuatay

El arroyo Huahuatay, tiene una área de drenaje menor que el arroyo Rosarito, sin embargo, su cauce ha sido fuertemente modificado, por la ocupación de los asentamientos humanos y esto ha producido una merma significativa en su capacidad de drenar el agua producto de las precipitaciones pluviales, si bien éste se encuentra encauzado en la parte final de su recorrido, aproximadamente unos 600 m entre el Boulevard Benito Juárez y la autopista Tijuana-Ensenada, presenta zonas extensas de inundación y en su mayoría cubren la zona urbana en las colonias Huahuatay, Crosthwaite, Machado Sur, Hacienda San Fernando y Basso con superficies entre los 293, 000 y 392, 500 m² (29 y 39 hectáreas), mostradas en la Tabla V.89 y Figura V.36.

Tabla V.89. Áreas de inundación por periodos de retorno del Arroyo Huahuatay.

Arroyo	Periodo de retorno	Área de Inundación (m ²)
Huahuatay	100	392,489
Huahuatay	50	374,651
Huahuatay	25	356,127
Huahuatay	10	328,936
Huahuatay	5	292,878
	TOTAL	1,745,081



5.2.6.2. Índice de exposición física ante inundaciones

5.2.6.2.1. Metodología y memoria de cálculo para la determinación de la exposición física ante inundaciones

En el caso de la exposición del fenómeno de inundación, ésta fue determinada empleando el mismo modelo que para el fenómeno de tsunamis por lo que para conocer a detalle la metodología empleada para la determinación de este índice es necesario remitirse al apartado “Índice de exposición física ante tsunamis”.

5.2.6.2.2. Resultados del análisis

La exposición física del fenómeno de inundación es la misma que para el fenómeno de tsunamis por lo que no se describe en este apartado. Para conocer a detalle los resultados es necesario remitirse al apartado “Índice de exposición física ante tsunamis” subapartado “Resultados del análisis”.

5.2.6.2.3. Ponderación de la exposición física

En el caso de la exposición del fenómenos de inundación, ésta fue determinada empleando el mismo modelo que para el fenómeno de tsunamis, por lo que para conocer a detalle la metodología empleada para la ponderación de este índice es necesario remitirse al apartado “Índice de exposición física ante tsunamis” subapartado “Ponderación de la exposición física”.

5.2.6.2.4. Exposición física ante inundaciones

La exposición física de los fenómenos de inestabilidad de laderas analizados en este atlas de riesgo es la misma que para el fenómeno de sismos por lo que no se describe en este apartado. Para conocer a detalle la exposición física ante deslizamientos es necesario remitirse al apartado “Índice de exposición física ante tsunamis” subapartado “Exposición física ante tsunamis”.

5.2.6.2.1. Índice de vulnerabilidad social ante inundaciones

5.2.6.2.1.1. Metodología y memoria de cálculo para la determinación de la vulnerabilidad social ante inundaciones

La vulnerabilidad social para todos los agentes perturbadores que se evalúan en el presente atlas corresponde a la desarrollada en el fenómeno de sismos, por lo que no se describe en este apartado. Para conocer a detalle el procedimiento para su evaluación es necesario remitirse al apartado “Metodología y memoria de cálculo para la determinación de la vulnerabilidad social ante sismos”.



5.2.6.2.1.2. Resultados del análisis

La vulnerabilidad social ante inundaciones es la misma que para el fenómeno de sismos por lo que no se describe en este apartado. Para conocer a detalle los resultados es necesario remitirse al apartado “Índice de vulnerabilidad social ante sismos” subapartado “Resultados del análisis”.

5.2.6.2.1.3. Ponderación de la vulnerabilidad social

La vulnerabilidad social para todos los agentes perturbadores que se analizan en el presente documento fue determinada empleando el mismo modelo que para el fenómeno de sismos, por lo que para conocer a detalle la metodología empleada para la ponderación de este índice es necesario remitirse al apartado “Índice de vulnerabilidad social ante sismos” subapartado “Ponderación de la vulnerabilidad social”.

5.2.6.2.1.4. Vulnerabilidad social ante inundaciones

Los resultados de la vulnerabilidad social corresponden a los puntualizados en el “Índice de vulnerabilidad social ante sismos” por lo que no se describen en este apartado. Para conocer a detalle la vulnerabilidad social en el municipio de Playas de Rosarito es necesario remitirse a la “Vulnerabilidad social” del apartado antes mencionado.

5.2.7. Inundaciones costeras



La inundación costera consiste en la inundación de la franja costera debido a un aumento del nivel del mar, que puede ser ocasionado por distintos procesos y factores. La inundación costera depende entre otras cosas de la geometría de la costa, la topografía y batimetría, así como de las oscilaciones del nivel del mar a distintas escalas espaciotemporales (oleaje, mareas, aumento del nivel medio del mar, entre otros), (Medina y Méndez, 2006; Woodruff, 2013).

Las consecuencias de la inundación costera pueden ser muy graves y van desde la pérdida de territorio, de bienes, de hábitats y de vidas humanas. El aumento del nivel medio del mar, el cambio climático y la creciente presión humana sobre las costas, tiende a incrementar el riesgo de inundación costera y sus consecuencias (Medina y Méndez, 2006).

Entre los principales factores que contribuyen a la inundación costera es el oleaje generado por acción del viento sobre la superficie del mar y la marea meteorológica, la cual consiste en una elevación del nivel del mar ocasionada por la baja presión atmosférica y el arrastre del viento. De manera que la ocurrencia de eventos de tormenta beneficia las condiciones que generan la sobreelevación del nivel del mar; la peligrosidad de estos eventos de tormenta depende del ángulo de aproximación, la intensidad y la duración de la misma. Por otra parte, la inundación costera también puede ser agravada por las descargas de agua de los ríos y arroyos a consecuencia de las lluvias intensas (Medina & Méndez, 2006; Woodruff, 2013).

En el municipio de Playas de Rosarito se llevan a cabo actividades turísticas que en buena parte dependen de la playa como insumo natural; de hecho, el 68% de la zona litoral está ocupada por uso turístico (Lizárraga et al. 2001). Se tienen registros de afectaciones en la franja costera durante los eventos de tormenta, en especial en la zona de playa arenosa ubicada al norte del municipio, la cual es utilizada principalmente con fines turísticos. Es por ello que es necesario comprender los procesos que se llevan en esta zona y que ponen en una situación crítica tanto a la población expuesta como a las actividades económicas que dependen de ella.

5.2.7.1. Índice de susceptibilidad a inundaciones costeras

5.2.7.1.1. Metodología y memoria de cálculo para la determinación de la susceptibilidad por inundaciones costeras

La susceptibilidad por inundación costera se determinó mediante investigación bibliográfica, hemerográfica y de campo, en la cual se hizo una recopilación de los estudios previos en la zona así como del conocimiento empírico de la población que ha sido testigo de este fenómeno.

5.2.7.1.2. Resultados del análisis

Únicamente se determinaron las zonas con registros históricos de presencia de inundación costera, por lo que no se tiene información precisa del número de manzanas y población ubicadas en zonas ponderadas en alta y muy alta susceptibilidad.

5.2.7.1.3. Ponderación de la susceptibilidad

Únicamente se determinaron las zonas con registros históricos de presencia de inundación costera, por lo que no se realizó la ponderación de la susceptibilidad.



5.2.7.1.4. Susceptibilidad por inundaciones costeras



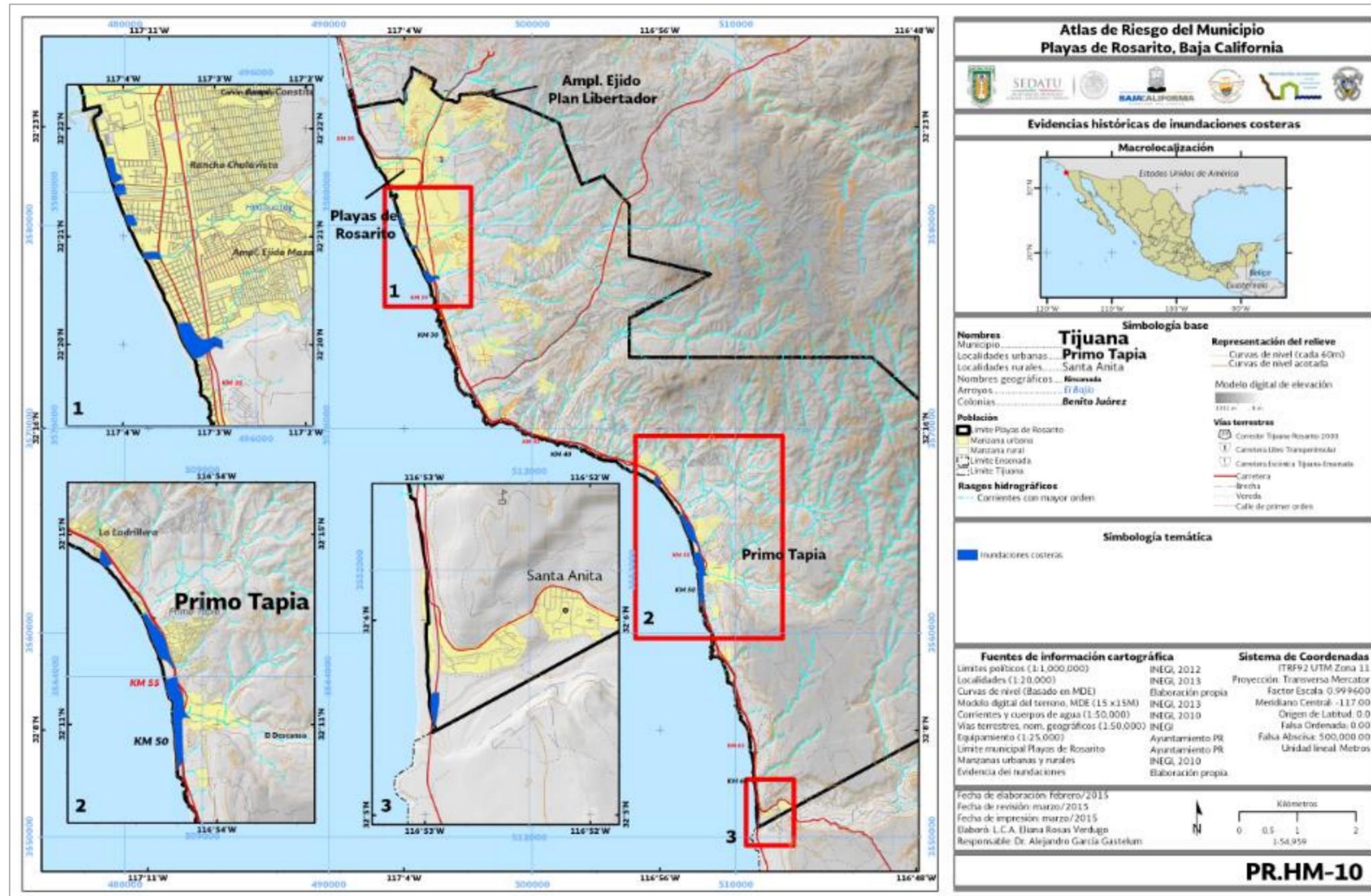


Figura V.37. Evidencias históricas de inundaciones costeras.

Playas de Rosarito cuenta con una serie de estudios realizados desde 1995 por el Instituto de Investigaciones Oceanológicas (IIO) de la Universidad Autónoma de Baja California, en los cuales se llevó a cabo un programa de monitoreo mensual de la playa localizada entre el límite norte del municipio hasta Punta La Paloma a través de perfiles de playa. En 1998 este monitoreo registró el evento meteorológico conocido como El Niño (Lizárraga,



et al. 2003), el cual ha sido uno de los eventos de inundación y erosión costera más importantes en el municipio. El registro y documentación de lo ocurrido en la playa es información valiosa que ayuda a comprender el comportamiento de la franja costera en un evento meteorológico fuerte.

En su estudio Lizárraga Arciniega et al. (2003), describen una playa típica formada por oleaje de tipo *swell* (con alturas de ola de 1.5 m que aumentan gradualmente hasta 3 m en el mes de diciembre) durante los meses de verano. La playa durante esta época posee una configuración relativamente plana y con presencia de bermas. Sin embargo durante los meses de enero y febrero del siguiente año (1998), la playa sufrió una severa erosión debido al oleaje producido por el fenómeno de El Niño. Este evento meteorológico produjo olas con altura de 4 m y periodos de 14 a 17 s, así como olas significantes de 5 m que duró 28 horas que ocurrieron durante una marea alta de primavera, incrementado su energía.

Entre los daños que este evento ocasionó está el desplazamiento vertical de la playa de cerca de 4 m, dejándola inutilizable para la actividad turística; además de inundación en ciertas zonas de la porción sur de la playa. Por otra parte, las lluvias posteriores trajeron una cantidad importante de escombros de madera a la desembocadura del Arroyo Rosarito, formando un cúmulo de 1 a 2 m de altura que ayudó a disminuir el retroceso de la línea de costa (Lizárraga Arciniega et al. 2003).

Mediante el taller realizado con personal de protección civil, bomberos y ciudadanos (metodología descrita en la sección de Anexos) se obtuvo mayor evidencia de los daños ocurridos durante el evento de El Niño en el año de 1998. En el mapa de evidencias (Figura V.37), se indican las zonas en las que se han detectado problemas de inundación costera. Estos lugares se localizan en un segmento de playa al norte del municipio, en las colonias Basso y Obrera, así como en la desembocadura del Arroyo Rosarito y frente al hotel Rosarito Beach. Además, también se identificaron sitios en Puerto Nuevo, Primo Tapia y en la desembocadura del Arroyo La Misión.

Por otra parte se encontró en la información hemerográfica que la tormenta que se presentó en el mes de febrero de 1998 es similar a otras que se registraron en los años de 1976 y 1982. Se reportaron 14 casas con daño total debido a las marejadas que se presentaron en el mes de febrero de 1998. Por otra parte también se reportó un oleaje con 17 (5.18 m) pies de altura a orillas de la playa (Morales, 1998). Las casas destruidas se ubicaban en las colonias Basso, Obrera, Villa del Mar y en Campo López (Imagen V.1).

También se cuantificaron siete casas con daños en las mismas colonias y en la colonia Mexicali. Otro tipo de daño se reportó en la misma zona debido a que una tubería operada por PEMEX quedó expuesta debido a la erosión de la playa y al intenso oleaje (Imagen V.2), (Morales, 1998; Ecos de Rosarito, 1998).



Imagen V.1. Viviendas afectadas por el fuerte oleaje, en el año de 1998.

Tomada de: Ecos de Rosarito, 1998.



Imagen V.2. Zona costera bajo la influencia de El Niño, en el año de 1998.

Tomada de: Ecos de Rosarito, 1998.

Además de las inundaciones y la fuerte erosión, se reportó que las fuertes lluvias arrastraron una gran cantidad de madera y escombros desde río arriba. Este material se depositó sobre la playa frente al hotel Rosarito Beach como se observa en la Imagen V.3.



Imagen V.3. Madera y escombros arrastrados a la zona costera por el Arroyo Rosarito, al frente del hotel Rosarito Beach.

Fotografía proporcionada por: C. P. Hugo Eduardo Torres Chabert



5.2.8. Erosión costera

La línea de costa es una zona que se encuentra en constante cambio debido a que en ella se presentan múltiples procesos (terrestres y marinos, naturales y antropogénicos), que la moldean y dan forma. La erosión costera es un efecto del transporte litoral y de otros procesos que provoca el desplazamiento de la línea de costa tierra adentro.

Los factores que naturalmente inducen la erosión incluyen la elevación del nivel del mar, variaciones en la fuente de sedimentos, oleaje de tormenta, transporte litoral, así como el tipo del sedimento presente en la línea de costa. La erosión también puede ser intensificada por acciones humanas, las cuales han ido en aumento gracias al incremento de la población y de las actividades económicas en la zona costera (Charlier & De Meyer, 1998).

Las causas antropogénicas que frecuentemente provocan o intensifican la erosión costera son la construcción de estructuras que interrumpen el transporte del material sedimentario, el dragado de material para la apertura de canales o entradas para la circulación de embarcaciones, la extracción de materiales para la industria de la construcción y minera, las obras de protección costera que modifican la distribución de la energía proveniente del oleaje, así como la obstrucción de las fuentes de sedimento de ríos, arroyos y cantiles a través de presas y muros (Charlier y De Meyer, 1998).

Dado que la erosión costera provoca un retroceso en la línea costera, sus impactos implican pérdidas económicas y/o pérdidas ecológicas (Hari y Darga, 2014). Por ejemplo, pérdida de playas con alto valor para el turismo, pérdida de edificaciones e infraestructura, pérdida de hábitats, entre otros. Estos impactos se pueden agravar debido al aumento del nivel medio del mar, el cual incrementa el riesgo de inundación costera así como el retroceso de la línea de costa ya que favorece el transporte de sedimentos hacia el mar (Zhu, 2010).

El fenómeno de erosión costera en Playas de Rosarito ha sido un tema importante para el municipio debido a que la playa es el principal atractivo turístico. Los cambios importantes en la línea de costa se han atribuido a la erosión que se ha intensificado entre otras cosas por la presencia de la infraestructura de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), y por el oleaje de tormenta.

Se tiene evidencia de eventos de fuerte erosión de las playas arenosas del municipio durante eventos de tormenta, que favorecen un oleaje mayor durante más tiempo. En especial existe una gran cantidad de evidencia de los daños que ocasionó el fenómeno de El Niño en los meses de enero y febrero de 1998, pues ocasionó graves consecuencias tanto por inundación pluvial como por el oleaje de tormenta.

5.2.8.1. Índice de susceptibilidad a erosión costera

5.2.8.1.1. Metodología y memoria de cálculo para la determinación de la susceptibilidad por erosión costera

La determinación de la susceptibilidad del fenómeno de erosión costera en el municipio de Playas de Rosarito tuvo como fundamento la revisión bibliográfica de fuentes especializadas en el tema.

5.2.8.1.2. Resultados del análisis

Únicamente se determinaron las zonas con registros históricos de presencia de erosión costera, por lo que no se tiene información precisa del número de manzanas y población ubicadas en zonas ponderadas en alta y muy alta susceptibilidad.



5.2.8.1.3. Ponderación de la susceptibilidad

Únicamente se determinaron las zonas con registros históricos de presencia de erosión costera, por lo que no se realizó la ponderación de la susceptibilidad.

5.2.8.1.4. Susceptibilidad por erosión costera

Existe una serie de estudios realizados por el Instituto de Investigaciones Oceanológicas (IIO), de la Universidad Autónoma de Baja California, en los cuales se analiza la dinámica de las playas arenosas que se ubican entre el límite norte del municipio y Punta La Paloma; estas playas son las que reciben el mayor número de visitantes locales y extranjeros, por lo que representan un recurso natural importante para la economía del municipio, y son también las que están sujetas a mayor peligro de erosión.

La zona sujeta a análisis se compone de un segmento de playa de aproximadamente 11 km de longitud parcialmente protegida por las Islas Coronado, las cuales se ubican a 14 km mar adentro frente a la costa del municipio. Este segmento de playa se encuentra dividido por un rompeolas y dos espigones que forman parte del sistema de enfriamiento de la planta termoeléctrica Juárez de la Comisión Federal de Electricidad (CFE). Al norte de esta planta, la costa presenta cantiles ígneos y sedimentarios, mientras que al sur se encuentran playas de material arenoso de más de 100 m de ancho en algunos puntos (Lizárraga Arciniega, Martínez Díaz de León, Delgado González, Torres, & Galindo Bect, 2007).

La erosión costera forma parte del proceso de transporte litoral, el cual es uno de los procesos más importantes en la línea de costa y consiste en la distribución de material sedimentario a lo largo y ancho de la franja costera. El mecanismo mediante el cual el transporte litoral moviliza el material sedimentario se puede analizar en dos componentes: el transporte perpendicular y el transporte longitudinal. El primero mueve los sedimentos de la playa hacia el mar y viceversa, como resultado de la acción de las olas. El transporte longitudinal por su parte, moviliza el sedimento en sentido paralelo a la costa y se debe principalmente a las corrientes que genera el oleaje. Estos dos movimientos son responsables de la erosión, el transporte y el depósito de sedimentos (Dean y Dalrympe, 2014). Por lo tanto es necesario estudiar ambos componentes del transporte litoral para conocer si existe un transporte dominante y bajo qué circunstancias.

Mediante un análisis de fotografías aéreas del periodo de 1972 a 1993 Lizárraga Arciniega y colaboradores (2001), determinaron una tasa de retroceso de la línea de costa de 0.5 m/año en el segmento de playa arenosa mencionado, indicando que durante este tiempo se presentaron condiciones de oleaje normales y de tormenta. Los autores señalan que la infraestructura costera de la planta termoeléctrica instalada en 1963 propició el proceso erosivo de la playa localizada al sur de la misma.

El estudio realizado por Lizárraga Arciniega y otros (2007), presenta los resultados de un importante monitoreo de este segmento de la costa realizado mediante perfiles de playa durante el periodo de 1995 a 2006. Gracias a este amplio monitoreo es posible detectar procesos que ocurren a distinta escala temporal.

Los perfiles de playa muestran una marcada estacionalidad, con una máxima acreción durante los meses de verano, máxima erosión durante el invierno y condiciones transicionales durante la primavera y el otoño. Las características del perfil de verano son la presencia de berma y de una pendiente pronunciada, mientras que el perfil de invierno carece de berma y posee una pendiente más suave que en verano (Lizárraga Arciniega, Martínez Díaz de León, Delgado González, Torres, & Galindo Bect, 2007).



El análisis realizado por Lizárraga Arciniega y otros (2007) presenta datos de oleaje tomados entre 1995 a 2003 de distintas fuentes de información localizadas en tres puntos desde Punta Concepción, California hasta Playas de Rosarito. El registro en aguas someras frente a la costa del municipio mostró una altura media de ola de 1.3 m a 2.1 m en invierno, de 1 m a 1.3 m en verano y de 1.2 m a 1.4 m en primavera y otoño. A través del cálculo del parámetro conocido como *número de Dean*, los autores reafirman que durante el invierno el oleaje posee mayor nivel energético que en verano, lo cual favorece las condiciones de erosión y acreción respectivamente. Lo anterior indica que existe un ciclo de acreción/erosión anual, el cual está dominado por el transporte perpendicular a la playa; durante el verano el oleaje de menor altura transporta el material sedimentario desde atrás de la zona de rompiente hacia la playa, favoreciendo la acreción, mientras que en invierno el proceso es inverso debido al oleaje de mayor altura. Cabe mencionar que el *número de Dean* mostró valores particularmente altos en los inviernos de 1995 y 1998; en estos años el oleaje mostró alturas medias de 2.5 m y 3.1 m respectivamente, así como una mayor duración que en otros años. Por último, las condiciones de oleaje de estos dos años coinciden con la periodicidad de 36 meses encontrada entre los inviernos en los que se observó una duración mayor en el arribo de oleaje de tormenta (especialmente en los inviernos de 1995, 1998 y 2000).

Posteriormente Lizárraga Arciniega et al. (2008), realizaron un análisis de los cambios de volumen en la serie de tiempo de perfiles de playa, en el cual determina la tendencia mínima detectable y la tendencia a largo plazo. La serie de tiempo utilizada en este estudio está compuesta por 926 perfiles de playa realizados mensualmente durante la marea diurna más baja. Además de los cambios estacionales de acreción y erosión, se detectaron distintos comportamientos en los perfiles de playa ubicados al norte y sur de la planta termoeléctrica.

En la sección al norte de la planta termoeléctrica la tendencia de largo plazo fue nula o apenas detectable, lo cual es indicador de una playa estable a largo plazo en la cual los cambios estacionales tienen mayor influencia en los procesos de acreción y erosión. El volumen de arena movilizado en un ciclo estacional es de $40 \text{ m}^3\text{m}^{-1}$ (Lizárraga Arciniega, Martínez Díaz de León, Delgado González, Torres, & Galindo Bect, 2007), mientras que la tendencia de largo plazo que se estima para un ciclo es de un aporte de $17 \text{ m}^3\text{m}^{-1}$. Este comportamiento se atribuye a la poca disponibilidad de material arenoso tanto en el suelo litoral como en los cantiles adyacentes, debido a que presentan muros costeros (Lizarraga-Arciniega, 2008).

En la parte sur de la planta termoeléctrica, la tendencia a largo plazo mostró ser de acreción con un promedio de $11.2 \text{ m}^3\text{m}^{-1}\text{año}^{-1}$ excluyendo un punto en el extremo sur de la playa (adyacente a Punta La Paloma), en donde la tendencia de acreción fue inferior ($1.4 \text{ m}^3\text{m}^{-1}\text{año}^{-1}$). Esta tendencia se debe a la contribución de sedimento de los arroyos Huahuatay y Rosarito (de $800 \text{ m}^3\text{año}^{-1}$), (Appendini, 1998 en Lizarraga, 2008), la cual se redistribuye gracias a la corriente litoral que actúa de sur a norte. Dicha corriente litoral a su vez es resultado del oleaje proveniente del suroeste. Debido a la presencia de estos arroyos, la tendencia a largo plazo es hacia la acreción, lo que permite la formación de playas arenosas anchas (Lizarraga-Arciniega, 2008).

Otro factor importante para el transporte litoral del municipio es la presencia de las Islas Coronado, las cuales tienen una fuerte influencia sobre la incidencia del oleaje. Las islas podrían cambiar el patrón de distribución de energía como resultado de procesos de refracción y difracción, por lo que es necesario realizar más observaciones en el oleaje local del municipio para analizar los patrones a largo plazo y cómo estos tienen influencia sobre los procesos litorales (Lizarraga-Arciniega, 2008).



CAPÍTULO VI. Obras de mitigación

La mitigación corresponde a las medidas y/o acciones estructurales o no estructurales, propuestas a fin de atenuar o disminuir el nivel de riesgo. Los códigos de construcción, la construcción de diques, especificaciones de materiales de construcción, obras de estabilización de laderas, reforzamiento de estructuras existentes para que sean más resistentes a fenómenos naturales son algunos ejemplos de acciones estructurales; mientras que la reubicación de viviendas a zonas de bajo riesgo, adecuación de marcos normativos, la reglamentación del uso de tierra y la limitación del uso de zonas de alto riesgo forman parte de las medidas no estructurales (Chardon et al. 2002).

El análisis de riesgo por fenómeno complementado con el trabajo realizado en campo, información histórica y los datos recabados durante el taller de trabajo permitieron la ubicación de puntos críticos ante los fenómenos que suceden de manera continua en el municipio, para los cuales se propusieron obras de mitigación; estos puntos se muestran en la Figura VI.1. Los fenómenos como sequías y lluvias extremas no se plasman en el mapa de obras de mitigación puesto que no se presentan de manera puntual si no que afectan a todo el municipio, así como ondas cálidas gélidas y heladas.

El municipio presenta zonas de alto riesgo ante fenómenos naturales como son inundaciones e inestabilidad de laderas principalmente; los daños causados por la presencia de estos fenómenos van desde afectación a inmuebles, hasta pérdidas materiales y humanas. Las principales causas son el establecimiento de viviendas sobre cauces de arroyos como es el caso del Cañón Cordero, en terrenos ganados al mar (Colonia Basso, Miramar

y Laurel) o por asentamientos irregulares en las faldas de cerros con pendiente pronunciada como sucede en el Cañón Morales; por ello resulta indispensable establecer un conjunto articulado de acciones que permitan reducir o prevenir el riesgo en sitios vulnerables.

La información mostrada en las tablas siguientes se complementa con los datos contenidos en las Fichas Técnicas de Caracterización, elaboradas mediante visitas a campo a los lugares críticos identificados por los participantes del Taller realizado en el municipio con actores clave.

Tabla VI.1. Obras o acciones de mitigación, fenómenos geológicos.

PROPUESTAS DE OBRAS Y ACCIONES				
FENÓMENOS/RIESGOS	UBICACIÓN	CAUSA	OBRA O ACCIÓN PROPUESTA	OBSERVACIONES
Geológicos				
Deslizamientos	Colonia Ampliación Lucio Blanco en el Cañón Morales	Presencia de asentamientos irregulares. Inestabilidad del talud. Inundaciones repentinas. Ausencia de cobertura vegetal. Pendiente pronunciada.	<ul style="list-style-type: none"> • Reubicación de viviendas a zonas de mayor seguridad. • Evitar el establecimiento de asentamientos urbanos en la zona ya que es considerada de alto riesgo. • Reforestar las zonas desprovistas de vegetación como podría ser un parque lineal, para evitar la erosión que pudiera causar deslizamientos en el futuro. 	El Cañón Morales es una zona que presenta problemas no sólo relacionadas con la inestabilidad de laderas, sino también por inundación puesto que en sitio se encuentra el cauce de un arroyo. El agua ha alcanzado los 19 m de altura dejando a más de 200 familias damnificadas (Ver ficha técnica de caracterización) debido al tamaño y forma de la cuenca que propicia inundaciones repentinas. De acuerdo a los censos realizados por la Unidad de Protección Civil del municipio, las viviendas que se encuentra ubicadas en el cañón se son consideradas de alto riesgo.
FENÓMENOS/RIESGOS	UBICACIÓN	CAUSA	OBRA O ACCIÓN PROPUESTA	OBSERVACIONES
Geológicos				
Deslizamientos	Colonia Ampliación Constitución en el Cañón Cordero	Asentamientos sobre el cauce del arroyo. Viviendas construidas con materiales frágiles. Pendiente pronunciada. Lluvias que provocan el aumento en el nivel del arroyo. Ausencia de cobertura vegetal.	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicar políticas adecuadas de uso de suelo. • Realizar campañas de concientización acerca de la posibilidad de que ocurra este tipo de fenómeno en el municipio. De manera que en caso de que se lleguen a presentar las condiciones que desencadenen deslizamientos, la población esté preparada para afrontarlos. • Frenar el establecimiento de asentamientos urbanos en zonas consideradas de alto riesgo, como son cañadas y cauces secos. 	Esta zona además de ser vulnerable ante la presencia de deslizamientos, del mismo modo es afectada por eventos como inundaciones. El año 2010 se presentó una inundación. Se creó un parque lineal en la parte central del cañón.
	Colonia Coral de Rosarito	Asentamientos sobre el cauce del arroyo y en la base de la ladera del cerro. Inestabilidad del talud, ocasionada por la	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar la deforestación o el desmonte en las laderas, ya que la vegetación proporciona cierta estabilidad. 	La colonia queda incomunicada en temporada de lluvias, hay un arroyo y una pequeña laguna en la base del cerro.

		<p>modificación de la pendiente natural debido a la construcción de viviendas.</p> <p>Ausencia de cobertura vegetal.</p> <p>Pendiente pronunciada.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • En las zonas donde no exista el servicio de drenaje se debe realizar un manejo adecuado de las aguas residuales domésticas pues el agua está asociada a la erosión del terreno. • Realizar inspecciones periódicas en las laderas que tengan un peligro alto para realizar las acciones anteriores. 	
	Colonia Ramos	<p>Asentamientos al pie del talud.</p> <p>Inestabilidad del talud.</p> <p>Ausencia de cobertura vegetal.</p> <p>Pendiente pronunciada.</p> <p>Lluvias.</p>		De acuerdo al censo de viviendas en zonas de riesgo elaborado por protección civil en esta colonia también se tienen registro de inundaciones, es así que dos viviendas se encuentran en zonas de alto riesgo.

FENÓMENOS/RIESGOS	UBICACIÓN	CAUSA	OBRA O ACCIÓN PROPUESTA	OBSERVACIONES
Geológicos				
Deslizamientos	Colonia Ampliación Ejido Plan Libertador	<p>Ausencia de cobertura vegetal.</p> <p>Lluvias.</p>		De acuerdo a los reportes emitidos por protección civil, 17 viviendas son consideradas como de alto riesgo y 16 en riesgo. En febrero de 1998 se inundó la zona como consecuencias de lluvias extremas.
	La ladrillera	<p>Lluvias.</p> <p>Ausencia de cobertura vegetal.</p>		Existe evidencia de deslizamientos en la zona el mes de abril de 2012, en donde resultaron afectadas cinco familias y se declaró pérdida total de dos viviendas y tres más con daños parciales.
	Primo Tapia	<p>Asentamientos sobre el cauce del arroyo El Descanso.</p> <p>Ausencia de cobertura vegetal.</p> <p>Lluvias que provocan el aumento en el nivel del arroyo.</p>		Esta zona es propensa a deslizamientos de igual manera de acuerdo a los reportes emitidos por protección civil sobre el Censo de viviendas en zona de riesgo, muestran que en la zona de Primo Tapia fueron visitadas 55 viviendas de las cuales 29 se consideran del alto riesgo y el resto como en zona de riesgo por eventos de inundación.
	Vista marina			



FENÓMENOS/RIESGOS	UBICACIÓN	CAUSA	OBRA O ACCIÓN PROPUESTA	OBSERVACIONES
Geológicos				
	Rancho 40			
Flujos	<p>Colonia Rosamar</p> <p>Arroyo Huahuatay</p> <p>Colonia Ramos</p> <p>Villas Siboney</p> <p>Plaza del Sol</p> <p>Rancho 40</p> <p>Real del monte</p> <p>La ladrillera</p> <p>Villa Campestre</p>	<p>Lluvias intensas.</p> <p>Presencia de escurrimientos (como el arroyo Seco, Huahuatay, Descanso).</p> <p>Laderas con pendientes pronunciadas.</p> <p>Disminución de la cobertura vegetal.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicar políticas adecuadas de uso de suelo. • Evitar los asentamientos humanos en los márgenes de las escorrentías o cauces secos que son los principales sectores que pueden verse amenazados por los flujos. Así como en barrancos o cañones con paredes muy empinadas. • Consultar frecuentemente los pronósticos de las lluvias en el municipio, especialmente en temporada de lluvias y cuando se presenten eventos de El Niño. • Instalación de eficientes sistemas de drenaje para evacuar el agua de escorrentías y las que se encuentran en el nivel freático. • Colocar barreras flexibles en zonas específicas donde se detecta la posibilidad de que se presente un flujo. • Reforestar las zonas desprovistas de vegetación. 	<p>No se cuenta con evidencia que indique que este evento se ha suscitado en el municipio, pero existen las condiciones en ciertas colonias que pudieran desencadenar flujos de tierra o lodo, puesto que tienen pendientes pronunciadas y este fenómeno ocurre primordialmente en barrancos o cañones empinados, aunado a que el suelo se encuentra erosionado o desprovisto de vegetación que pudiera proporcionar protección.</p> <p>Las colonias en riesgo por flujo corresponden a sitios con vulnerabilidad alta, pendientes pronunciadas, algunas de ellas se ubican cerca de arroyos.</p>
Caídos o derrumbes	<p>Colonia la Herradura</p> <p>Colinas del Sol</p> <p>Ramos y Ramos II</p> <p>Cumbres de Rosarito</p>	<p>Vibraciones intensas.</p> <p>Grietas.</p> <p>Rocas sueltas.</p> <p>Laderas con pendientes pronunciadas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar los asentamientos humanos en las zonas que tienen mayor peligro por caídos y derrumbes. • Colocar cubiertas en las laderas con pendientes pronunciadas. • Captar, conducir y evacuar aguas de las 	<p>Los caídos son fenómenos que pudieran ocurrir principalmente a lo largo de vías de comunicación como carreteras, llegando a herir a los automovilistas por el desprendimiento de fragmentos de rocas o provocar el cierre temporal por bloqueo.</p> <p>Los cortes de carreteras en temporada de lluvias representan zonas de peligro.</p>



FENÓMENOS/RIESGOS	UBICACIÓN	CAUSA	OBRA O ACCIÓN PROPUESTA	OBSERVACIONES
Geológicos				
Caídos y derrumbes	San Miguel Villa Bonita Cumbres del Mar Villas campestre Misión San Miguel La ladrillera Vista marina Rancho 40	Lluvias prolongadas.	<p>escorrentías que se infiltran en las laderas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • En las zonas donde se presente alto riesgo por caídos y derrumbes es necesario retirar material suelto que se encuentre sobre la superficie de la ladera que sea propensa a caerse o derrumbarse. • Se recomienda realizar un sellado de fisuras o grietas que evidencien la posibilidad de caídos para así evitar que elementos como el agua meteoricen la roca. • Realizar inspecciones periódicas en las laderas que tengan un peligro alto por caídos y derrumbes para realizar las anteriores acciones. 	La mayoría de las colonias identificadas de alto riesgo para caídos y derrumbes presentan una vulnerabilidad alta causada por la predominancia de pendientes marcadas.
Sismos	Lomas de Montecarlo Colonia Lomas de Rosarito Ampliación Reforma Colonia Lucio Blanco en el cañón Morales Plaza Giramar Puesta del Sol	Fallas y fracturas. Asentamientos irregulares. Construcciones de materiales frágiles.	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar las condiciones de las construcciones, a fin de reforzarlas en caso de ser necesario. • Identificar las zonas cuyas construcciones sean altamente susceptibles durante un evento sísmico. • Construir edificaciones tomando en cuenta la resistencia de los materiales en caso de un sismo de gran magnitud. Cabe mencionar que las acciones ingenieriles deben estar respaldadas por un estudio geológico-geotécnico que aporte la suficiente información para implementarlas. • Verificar las condiciones de estructuras de grandes dimensiones en vías públicas, como espectaculares y postes que pudieran derrumbarse en caso de un sismo. 	<p>Las zonas de más alto riesgo son los lugares en donde se asientan las poblaciones de más bajos recursos, puesto que corresponden a sitios en que el desarrollo urbano se da en terrenos irregulares en donde la planeación es deficiente y las construcciones son de materiales frágiles.</p> <p>De acuerdo a información obtenida durante el taller de participación los sismos en el municipio han ocasionado muertos, afectaciones en infraestructura y viviendas, la zona que se puntualizó fue la colonia Reforma.</p>



FENÓMENOS/RIESGOS	UBICACIÓN	CAUSA	OBRA O ACCIÓN PROPUESTA	OBSERVACIONES
Geológicos				
	Misión del Mar Playa Mazatlán		<ul style="list-style-type: none"> • Supervisar el cumplimiento del reglamento de construcción. • Establecer un sistema de alterna comunitario. 	

Tabla VI.2. Acciones y obras de mitigación, fenómenos hidrometeorológicos.

PROPUESTAS DE OBRAS Y ACCIONES				
FENÓMENOS/RIESGOS	UBICACIÓN	CAUSA	OBRA O ACCIÓN PROPUESTA	OBSERVACIONES
Hidrometeorológicos				
Temperaturas máximas y mínimas extremas	Colonia Cumbres del Mar Colinas del Sol Colonia Ramos II Colonia Hacienda las Flores Hacienda del Sol Rancho 40	Ubicación geográfica del municipio. Clima mediterráneo.	<ul style="list-style-type: none"> • Informar sobre las medidas de protección ante temperaturas extremas, principalmente a los sectores más vulnerables como son los niños y adultos mayores. • Asegurar la cobertura de agua potable en todas las zonas. • Capacitar a la población sobre el manejo adecuado de calefacción, fogatas para evitar incendios o intoxicaciones. 	El sector más vulnerable por ondas cálidas y gélidas se compone por niños y adultos mayores. El año pasado (2014), se registraron altas temperaturas en todo el municipio entre los meses de junio y agosto.

PROPUESTAS DE OBRAS Y ACCIONES				
FENÓMENOS/RIESGOS	UBICACIÓN	CAUSA	OBRA O ACCIÓN PROPUESTA	OBSERVACIONES
	Villas de San Pedro La Posta Villa Campestre San José de la Zorra			
Sequías	Municipio	Ubicación geográfica del municipio. Clima mediterráneo. Falta de precipitación. Sobreexplotación de acuíferos.	<ul style="list-style-type: none"> • Incentivar el uso racional del agua, a través de programas educativos para una cultura del agua. • Establecer sanciones o multas por desperdicio de agua. • Redistribuir el agua dando prioridad al uso de agua para consumo doméstico. • Fomentar el tratamiento y uso de aguas residuales. • Ubicar sitios adecuados para la captación y almacenamiento de agua. • Reparación de fugas. • Instalación de cisternas de aguas grises que cumplan las normas establecidas para este fin en edificios públicos y oficinas de gobierno. • Reuso de agua para el riego de jardines públicos, áreas recreativas y turísticas. 	El municipio de Playas de Rosarito de acuerdo a información del Programa Nacional Contra la Sequía forma parte de la lista de municipios en situación de sequía. Al 31 de enero de 2015, presenta una intensidad de sequía D3 catalogada como "extrema".
Sequías				
Heladas	Municipio principalmente en manzanas rurales La Posta	Ubicación geográfica del municipio. Presencia de masas de aire frío. Descenso de temperaturas por debajo del punto de fusión del agua.	<ul style="list-style-type: none"> • Ubicar a los grupos vulnerables como son indigentes, niños y adultos mayores a fin de brindarles asistencia de ser necesario. • Informar sobre las medidas de protección ante temperaturas extremas, principalmente a los sectores más vulnerables como son los niños y adultos mayores. 	La población que habita en viviendas con piso de tierra y techos diferentes a mampostería (materiales de poca resistencia térmica), o en asentamientos irregulares resulta más vulnerable ante la presencia de heladas.

PROPUESTAS DE OBRAS Y ACCIONES				
FENÓMENOS/RIESGOS	UBICACIÓN	CAUSA	OBRA O ACCIÓN PROPUESTA	OBSERVACIONES
	Hacienda las Flores Rancho 40		<ul style="list-style-type: none"> • Contar con refugios temporales. • Capacitar a la población sobre el manejo adecuado de calefacción, fogatas para evitar incendios o intoxicaciones. 	
Lluvias extremas Lluvias extremas	Municipio Zonas cercanas a cauces de arroyos.	Fenómeno del niño. Cambio climático.	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar construir en zonas susceptibles a inundarse por la presencia de lluvias, o en cauces aunque estos estén secos. • Desarrollar trabajos de limpieza de manera regular en alcantarillados, desagües, entre otros. • Establecer programas de limpieza de cauces de arroyos y reforestación a lo largo de los márgenes de los arroyos. 	En el mes de enero de 1993 y el 9 de febrero de 1998 se presentaron lluvias extremas, que dejaron a su paso damnificados y muertos. Las lluvias son la causa principal de las inundaciones y deslizamientos.
Inundaciones pluviales y fluviales	Colonia Ejido Plan libertador	Lluvias que provocan el aumento en el nivel del arroyo. Ausencia de cobertura vegetal. Asolvamiento de cauces. Lluvias.	<ul style="list-style-type: none"> • Analizar la posibilidad de reubicación de viviendas a zonas de mayor seguridad. • Prohibir el establecimiento de viviendas en zonas inundables como son lechos de arroyos. • Las viviendas deberán construirse dejando un margen considerable respecto al nivel de desbordamiento registrado en los diferentes arroyos. 	Los reportes emitidos por protección civil del municipio indican que en la zona existen al menos 15 viviendas consideradas en alto riesgo y siete más en riesgo. Zona inundada en 1993, lo que dejó a varios damnificados.
	Colonia Ampliación Ejido Plan Libertador	Edificación sobre el cauce del arroyo. Ausencia de cobertura vegetal. Lluvias. Azolvamiento de cauces.	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer programas de limpieza de cauces de arroyos y reforestación a lo largo de los márgenes de los arroyos. • Construir bordos longitudinales, muros o diques de contención al margen de los arroyos. 	De acuerdo a los reportes emitidos por protección civil, 17 viviendas son consideradas como de alto riesgo y 16 en riesgo. En febrero de 1998 se inundó la zona como consecuencias de lluvias extremas. En colinas del sol de las viviendas visitadas en 2009 por protección civil, cuatro de ellas se sitúan en zonas de alto riesgo por inundación.
	Cañón Morales	Asentamientos irregulares sobre cañadas. Ausencia de cobertura vegetal. Erosión.	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar trabajos de limpieza de manera regular en alcantarillados, desagües, entre otros. • Realizar campañas de concientización acerca de la posibilidad de que ocurra este tipo de fenómeno en el municipio. De manera que en caso de que se lleguen a presentar las condiciones que desencadenen la 	El Cañón Morales es una zona que presenta problemas relacionadas con la inundación puesto que en sitio se encuentra el cauce de un arroyo. El agua ha alcanzado los 19 m de altura dejando a más de 200 familias damnificadas debido al tamaño y forma de la cuenca que propicia inundaciones repentinas.

PROPUESTAS DE OBRAS Y ACCIONES				
FENÓMENOS/RIESGOS	UBICACIÓN	CAUSA	OBRA O ACCIÓN PROPUESTA	OBSERVACIONES
Inundaciones pluviales y fluviales		Lluvias.	amenaza, la población esté preparada para afrontarlos. • Canalización del arroyo Huahuatay.	De acuerdo a los censos realizados por la Unidad de Protección Civil del municipio, las viviendas que se encuentra ubicadas en el cañón se son consideradas de alto riesgo.
	Cañón Cordero	Lluvias que provocan el aumento en el nivel del arroyo. Asentamientos sobre el cauce del arroyo.		En 2009 protección civil contabilizó 28 viviendas con alto riesgo a inundación en esta zona. Zona inundada en 1998 por las lluvias extremas que se registraron. En año 2010 se presentó una inundación, la fuerza del agua era tan fuerte que arrastró hasta vehículos. La zona queda incomunicada a causa de las lluvias.
	Colonia Crosthwaite	Ausencia de cobertura vegetal. Lluvias. Acumulación de agua en zonas sin pavimentar como es la cancha de béisbol.		En la calle 5 de mayo se ubican ocho casas habitación en zonas de alto riesgo. Damnificados en 1993 debido a lluvias extremas.
	Cañón el Morro	Asentamientos humanos sobre cañadas. Modificación del cauce del arroyo. Lluvias.		En 2009 existían 12 casas en zona de alto riesgo según reportes de la unidad de protección civil municipal. En temporada de lluvias el centro queda incomunicado, hace aproximadamente seis años se desbordo el arroyo por lo que tuvieron que rehacer los caminos.
	Colonia Huahuatay	Lluvias que provocan el aumento en el nivel del arroyo. Asentamientos humanos sobre el borde del arroyo Huahuatay. Erosión causada por el caudal del arroyo. Construcción de un puente vehicular mal diseñado que se obstruye en temporada de lluvias, provocando el asolvamiento del cauce. Acumulación de basura.		En 1998 se presentó una inundación súbita, en general es un evento que se presenta de manera continua en temporada de lluvias. Los residentes de la zona han tratado de minimizar la erosión de los bordes del arroyo colocando llantas. En 2010 una vivienda fue destruida a causa de las intensas lluvias.



PROPUESTAS DE OBRAS Y ACCIONES				
FENÓMENOS/RIESGOS	UBICACIÓN	CAUSA	OBRA O ACCIÓN PROPUESTA	OBSERVACIONES
Inundaciones pluviales y fluviales	Primo Tapia	Asentamientos humanos a lo largo del arroyo Descanso. Lluvias que provocan el aumento en el nivel del arroyo.		Los reportes emitidos por protección civil sobre el Censo de viviendas en zona de riesgo, muestran que en la zona de Primo Tapia fueron visitadas 55 viviendas de las cuales 29 se consideran del alto riesgo y el resto como en zona de riesgo por eventos de inundación.
	Arroyo Rosarito en colonias Mar de Cortez y Rinconada de Rosarito	Asentamientos humanos a lo largo del arroyo Rosarito. Lluvias que provocan el aumento en el nivel del arroyo.		Faltan pluviales lo cual genera problemas de derrumbes en los cortes del tramo del puente del arroyo Rosarito a la costa sobre el Boulevard 2000.
	Santa Anita	Lluvias que provocan encharcamiento en diferentes zonas.		Existen viviendas en zonas inundables. En una ocasión el agua llegó a estancarse hasta medio año alcanzando un metro de profundidad. Debido a las lluvias que se presentaron se pueden ver algunos encharcamientos.
	Boulevard Tijuana-Rosarito 2000			
Inundación costera	Colonia Obrera	Cambios morfológicos por oleaje. Presencia de asentamientos en la zona costera. Mareas inusualmente altas motivadas por fuertes vientos en la superficie oceánica.	<ul style="list-style-type: none"> • Delimitación de zona buffer, a partir de la cota de pleamar. Esta zona debe ser regulada para garantizar que se encuentre libre de asentamientos humanos e infraestructura. • Reubicación de los asentamientos que actualmente existen sobre la cota de pleamar y que podrían estar dentro de la zona buffer delimitada. • Mantenimiento integral de las fuentes de sedimento de la playa mediante la regulación de uso y actividades de los arroyos, así como la regulación de la construcción de estructuras de protección en cantiles al norte del municipio. • Construcción de dunas artificiales en zona buffer sobre el nivel de pleamar. • Señalar la altitud sobre el nivel del mar en todas las placas donde se indica la calle y código postal. 	Las visitas de protección civil en 2009 a zonas de alto riesgo, permitieron determinar que en la colonia Obrera existen 26 casas en zonas de riesgo principalmente en las calles 1o. de Mayo, 12 de Mayo y Mártires de Cananea. Esta colonia fue afectada en 1993 por lluvias extremas que dieron origen a inundación en la zona.
	Colonia Basso, Miramar Y Laurel	Aumento del nivel medio de mar. Tormentas.		Se tiene registro de que en 1998 la zona se inundó. Al igual que en 2008 la marea sube provocando inundación de la zona.
Inundación costera				





PROPUESTAS DE OBRAS Y ACCIONES				
FENÓMENOS/RIESGOS	UBICACIÓN	CAUSA	OBRA O ACCIÓN PROPUESTA	OBSERVACIONES
			<ul style="list-style-type: none"> • Campaña permanente de divulgación de la información referente a los riesgos en la zona costera; así como de las estrategias de mitigación y de los planes de acción en caso de emergencia de protección civil. • Regulación y vigilancia del uso de suelo y de las actividades sobre el cauce de los arroyos y sus colindancias. 	
Erosión costera	Playa delimitada al colonia Miramar y al sur por la Colonia Basso Zona costera Zona cercana a las instalaciones de PEMEX	<p>Cambios morfológicos por oleaje.</p> <p>Modificación de la dinámica costa, por asentamientos humanos en la zona costera.</p> <p>Extracción de arena.</p> <p>Destrucción de sistemas de dunas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar la edificación en zonas de retroceso. • Delimitación de zona buffer, a partir de la cota de pleamar. Esta zona debe ser regulada para garantizar que se encuentre libre de asentamientos humanos e infraestructura. • Reubicación de los asentamientos que actualmente existen sobre la cota de pleamar y que podrían estar dentro de la zona buffer delimitada. • Mantenimiento integral de las fuentes de sedimento de la playa mediante la regulación de uso y actividades de los arroyos, así como la regulación de la construcción de estructuras de protección en cantiles al norte del municipio. • Construcción de dunas artificiales en zona buffer sobre el nivel de pleamar. • Señalar la altitud sobre el nivel del mar en todas las placas donde se indica la calle y código postal. • Campaña permanente de divulgación de la información referente a los riesgos en la zona costera; así como de las estrategias de mitigación y de los planes de acción en caso de emergencia de protección civil. • Regulación y vigilancia del uso de suelo y de las 	<p>Actualmente existen asentamientos sobre el nivel de pleamar y muy cerca de la misma. Por ello es necesario regular esta zona para evitar exponer a la población y a los bienes a los peligros de tsunami, erosión e inundación costera.</p> <p>Las medidas que aquí se proponen son en su mayoría de tipo social (regulación, reubicación, divulgación de información) debido a que solo de esta manera se puede garantizar la efectividad de las medidas estructurales (construcción de dunas artificiales, mantenimiento de cantiles y arroyos o cualquier otra que se proponga en el futuro).</p> <p>La implementación de las medidas deben acompañarse de un proceso de monitoreo, para conocer la evolución de la playa y en su caso realizar ajustes que mejoren o corrijan los resultados.</p> <p>Es importante señalar que en el caso de Playas de Rosarito, la playa es un recurso económico primordial debido a las actividades turísticas que existen en el municipio, por lo cual las medidas de mitigación también van encaminadas a proteger este recurso.</p> <p>Los arroyos Huahuatay y Rosarito proporcionan parte del sedimento que alimenta las playas turísticas del municipio, por lo cual deben tener mantenimiento.</p> <p>Las desembocaduras de los arroyos presentan regularmente la intrusión del mar a consecuencia de los</p>
Erosión costera				



PROPUESTAS DE OBRAS Y ACCIONES				
FENÓMENOS/RIESGOS	UBICACIÓN	CAUSA	OBRA O ACCIÓN PROPUESTA	OBSERVACIONES
			actividades sobre el cauce de los arroyos y sus colindancias.	procesos de marea, oleaje y eventualmente por tsunami.



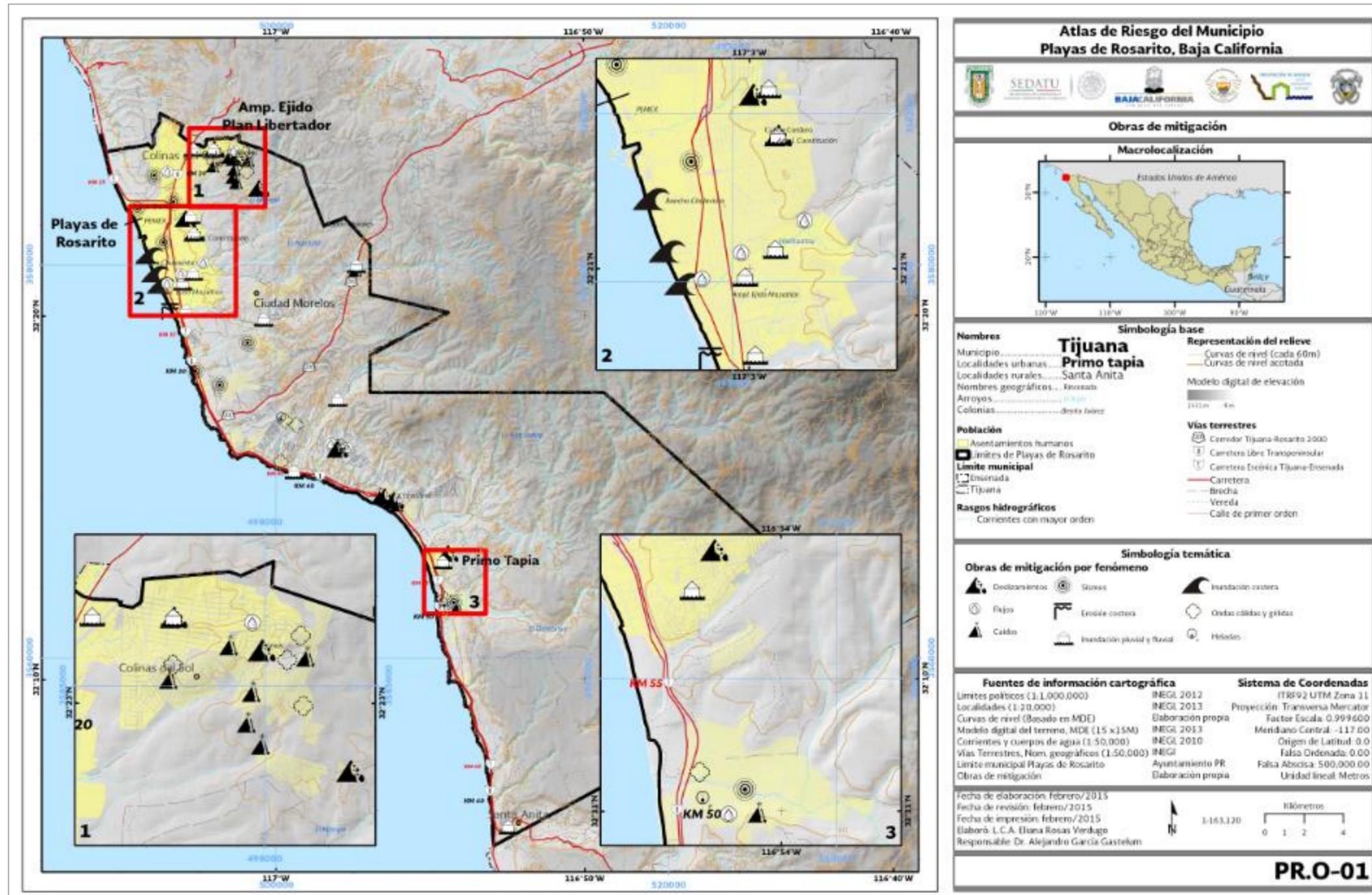


Figura VI.1. Puntos críticos para la implementación de obras de mitigación en el municipio de Playas de Rosarito.



Bibliografía

- Abraham, E. y Salomón, M. (s.f.). Componente morfoedáfico. Geomorfología. Laboratorio de Desertificación y Ordenamiento Territorial, Instituto Argentino de las Zonas áridas y Asociación de Inspecciones de Cauces 1° Zona Río Mendoza.
- Acosta, J., Arellano, G. y Ruiz, E. (2009). Microzonación sísmica en la zona urbana de Tijuana, B. C. Recuperado de <http://www.proteccioncivilbc.gob.mx/doctos/temblores/INFORME%20FINAL%20TIJUANA%202009.pdf>
- Alzate, A., Cifuentes, L. y Toro N. (2012). Relación entre el comportamiento de algunas variables climatológicas y la susceptibilidad de ocurrencia de eventos catastróficos (deslizamientos), en el perímetro urbano del municipio de Pereira, período 1964-2004. *Espíritud ingenieril* 1(1):70-80
- Appendini, C., Lizarraga-Arciniega, R., Fischer, D. (1998). Shoreline erosion management program for Rosarito Beach, Baja California, México.» Cancún: Proceedings of the 1998 2nd International Conference on Environmental Problems in Coastal Regions.
- Arriaga, L., Espinoza, J., Aguilar, C., Martínez, E., Gómez, L. y Loa, E. (2012). Regiones terrestres prioritarias de México. CONABIO. Recuperado de <http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/Tlistado.html>
- Banco Mundial. (2014). Índice de Gini. Grupo del Banco Mundial. Recuperado de <http://datos.bancomundial.org/indicador/SI.POV.GINI>
- Bieniewski, Z. (1973). Geomechanics classification of jointed rock masses. *Trans. S. Afr. Inst. Civ. Eng.*, 15. pp. 335-344. Citado por: Ramírez Oyanguren, P., y Alejano Monge, L. R. (2004). *Mecánica de rocas: Fundamentos e ingeniería de taludes*.
- Bryant, E. (2008). *Tsunami: the underrated hazard*. UK: Springer-Praxis.
- Chardon, A y González, J. (2002). Amenaza, vulnerabilidad, riesgo, desastre, mitigación, prevención. Primer acercamiento a conceptos, características y metodologías de análisis y evaluación. Ejecución del componente II. *Indicadores para la gestión de riesgos*. Colombia. 38 p.
- Charlier, R., y De Meyer, C. (1998). *Coastal Erosion, Response and Management*. Germany: Springer, Volumen 70.
- Carmona, R. (2013). Modelos de riesgo de inundación costera causada por variaciones del nivel del mar aplicado a la ciudad de Ensenada, B.C., México. (Tesis de Maestría) Facultad de Ciencias. UABC. 106 pp.
- Castro, R., Alejandro, P., y Marinone, S. (2003). Evolución y extensión de los vientos Santa Ana de febrero de 2002 en el océano, frente a California y la Península de Baja California. *Ciencias Marinas*, 275-281.
- CENAPRED (2015). Subsistema de Información sobre Riesgos, Peligros y Vulnerabilidad. Visor de mapas. Recuperado de <http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/images/PHPcenapred/index/fase1/Hidros/> Consultado 15 de febrero 2015.



- CENAPRED. (2014). Subsistema de Información Sobre Riesgos, Peligros y Vulnerabilidad. Recuperado de <http://www.atlasmnacionalderiesgos.gob.mx/index.php/biblioteca>
- CENAPRED. (2010a). Peligros naturales y tecnológicos relevantes durante el periodo 1810-2010. México, Secretaría de Gobernación.
- CENAPRED. (2010b). Serie Fascículos: Tormentas severas. México, D.F. SEGOB.
- CENAPRED. (2008). Inestabilidad de laderas. 2a. reimpresión de la 2a. edición mayo, 2008. D.F. México. CENAPRED. (2006a). Guía básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. Fenómenos Geológicos. México, D. F.
- CENAPRED. (2007a). Serie Fascículos: Heladas. México, D.F. SEGOB. 37 p.
- CENAPRED. (2007b). Sequías. Primera reimpresión, Secretaria de Gobernación. Abraham Gonzalez Num 48. Mexico. DF.
- CENAPRED. (2006a). Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos. Fenómenos geológicos. México. 280 pp.
- CENAPRED. (2006b). Guía básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. Fenómenos Hidrometeorológicos. Primera edición. México, D. F. ISBN: 970-628-905-4.
- CENAPRED. (2005). Serie Fascículos: Tsunamis. México, D. F. SEGOB.
- CENAPRED. (2004). Serie Fascículos: Inundaciones. México, D.F. SEGOB. 56 p.
- CENAPRED. (2001). Diagnóstico de peligros e indentificación de riesgos de desastres en México. México: Secretaría de Gobernación.
- CENAPRED. (s.f.). Deslizamientos, inundaciones y sismos. Litografía e Imprenta Universal, S.A. Costa Rica. 32 pp. Recuperado de http://www.cne.go.cr/educacion_asesoria/7/Folleto_Deslizamientos.pdf
- Centrogeo. (s.f.). Geoformas. Selva Lacandona. Ciber Atlas. Recuperado de <http://www.centrogeo.org.mx/CiberAtlas/lacandona/mosaico/geoformas.htm>
- CICESE-SEDESOL. (2009). Estudio para la identificación de la microzonación sísmica en la colonia Ampliación Ejido Plan Libertador, Municipio de Playas de Rosarito, Baja California. Recuperado de <http://www.rosarito.gob.mx/rosaritov/ProteccionCivil/Informe%20final%20Microzonificacion%20Sismica%20Amp.%20Plan%20Libertador.pdf>
- CICESE. (Inédito). Atlas de Riesgos del Estado de Baja California. Recuperado de <http://www.arcgis.com/home/search.html?t=content&q=tags:Tsunamis%20que%20afectaron%20Baja%20California>
- CICESE. (s.f.). Datos climáticos diarios del CLICOM del SMN. Recuperado de <http://clicom-mex.cicese.mx/>
- Cody K., Hayes y M. Philips T. 1998. How to reduce drought risk, Ed. Western Drought Coordination Council, USA.
- CONAGUA. (2015). Metodología del Monitoreo de la Sequía utilizada en el Servicio Meteorológico Nacional-CONAGUA. Recuperado de http://www.pronacose.gob.mx/pronacose14/Contenido/Documentos/Metodolog%C3%ADa_del_Monitoreo.ppt



CONAGUA. (2015). Programa Nacional Contra la Sequía (PRONACOSE). Programa de medidas preventivas contra la sequía. Recuperado de <http://www.pronacose.gob.mx/>

CONAGUA-SMN. (2014). Monitor de sequía de América del Norte (NADM). Recuperado de http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=236&Itemid=163. Noviembre de 2014.

CONAGUA. (2014). Bases de datos de fenómenos climatológicos: sequía, lluvias extremas, heladas y granizadas por municipio para el Estado de Baja California.

CONAGUA. (2013). Disponibilidad de las cuencas hidrológicas. Comisión Nacional del Agua. Recuperado de <http://www.conagua.gob.mx/Contenido.aspx?n1=3&n2=63&n3=99>

CONAGUA. (2012). Programa de acciones y proyectos para la sustentabilidad hídrica. Visión 2030. Estado de Baja California. SEMARNAT.

CONAGUA. (2011). Identificación de reservas potenciales de agua para el medio ambiente en México. Comisión Nacional del Agua. Recuperado de <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGT-3-11Media.pdf>. Consulta: Noviembre 2014

CONAGUA (2009). Tabla Maestra de Acuíferos. Comisión Nacional del Agua.

CONAGUA. (2008). Disponibilidad del agua subterránea. Recuperado de <http://www.conagua.gob.mx/disponibilidad.aspx?n1=3&n2=62&n3=112>

CONANP-SEMARNAT (s.f.) Programa de Conservación y Manejo (PCyM) de la Laguna Xola Paramán Humedal de Importancia Internacional.

CONAPO. (2004). Índice Absoluto de Marginación, 1990-2000. Recuperado de http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/indices_margina/marginabsoluto/IAM1990-2000_docprincipal.pdf

CONAPO. (2011). Índice de marginación por entidad federativa y municipio 2010. Recuperado de http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Indices_de_Marginacion_2010_por_entidad_federativa_y_municipio

CONAPO. (2014a). Proyecciones de la Población 2010-2050. Datos de Proyecciones. Proyecciones de la población por municipios y localidades. Recuperado de http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Proyecciones_Datos

CONAPO. (2014b). Dinámica demográfica 1990-2010 y proyecciones de población 2010-2030 Baja California. México. Recuperado de http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/Proyecciones/Cuadernos/02_Cuadernillo_BajaCalifornia.pdf

CONEVAL. (2012). Informe de pobreza y evaluación en el estado de Baja California 2012. México. Recuperado de http://www.coneval.gob.mx/coordinacion/entidades/Documents/Informe%20de%20pobreza%20y%20evaluaci%C3%B3n%202010-2012/Informe%20de%20pobreza%20y%20evaluaci%C3%B3n%202012_Baja%20California.pdf

Cornejo, J. (09 de febrero de 1998). 14 muertos y 7 desaparecidos por deslaves e inundaciones en Baja California. La Jornada. Recuperado de <http://www.jornada.unam.mx/1998/02/09/inundaciones.html>



Cruz-Castillo, M. 2002. Catálogo de las Fallas Regionales Activas en el norte de Baja California, México. GEOS, Unión Geofísica Mexicana, A.C. Págs. 37-42.

Cuanalo, O., González, A., Gallardo, R. (2011). Inestabilidad de laderas. Influencia de la actividad humana. *Elementos* 84(2011):39-46.

Dean, R. y Dalrymple, R. (2004). Coastal Processes with engineering applications. UK: Cambridge.

De la Fuente-G. J. y Verma S. (1993). Catálogo de aparatos volcánicos de la parte centro-occidental del Cinturón Volcánico Mexicano. *Geofísica Internacional*. Vol. 32, Num. 2, pp. 351-386.

DOF. (2013). Acuerdo por el que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, mismos que forman parte de las regiones hidrológico-administrativas que se indican. SEMARNAT.

Durán, L. (27 de agosto de 2014). Con sequía 98% de BC, pero prevén más lluvias. *Frontera Ensenada*. Recuperado de <http://www.fronteraensenada.info/EdicionEnLinea/Notas/Noticias/27082014/879113-Con-sequia-98-de-BC-pero-preven-mas-lluvias.html>

Ecos de Rosarito. Marejadas afectaron Rosarito. *Ensenada, Baja California. El Mexicano*. 27 de febrero de 1998.

El Mexicano. Pérdida total, en los cinco predios que fueron afectados. *Ensenada, Baja California*. 21 de abril de 2012. Recuperado de <http://www.el-mexicano.com.mx/informacion/noticias/1/3/estatal/2012/04/21/567115/perdida-total-en-los-cinco-predios-que-son-afectados>

El Mexicano. Mañana determinarán acciones tras derrumbe. *Ensenada, Baja California*. 18 de abril de 2012. Recuperado de: <http://www.el-mexicano.com.mx/imprime-noticia/566110>

Eslava H., Jiménez M., Salas M. A., García F., (2006), “Guía Básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligro y riesgos”, Fenómenos hidrometeorológicos, Serie del Atlas Nacional de Riesgos, Centro Nacional de Prevención de Desastres, México.

García, F., Fuentes, O. y Navarrete, S. (1999). Análisis semicualitativo del comportamiento de las laderas en la ciudad de Tijuana durante la temporada de lluvias, Informe RH/02/99 del CENAPRED, México.

GobBC. (2013). Nuestro estado. Gobierno del Estado de Baja California. Recuperado de http://www.bajacalifornia.gob.mx/portal/nuestro_estado/nuestro_estado.jsp

GobBC. (2014). Plan Estatal de Desarrollo 2014-2019, Baja California. Diagnóstico Estratégico. Recuperado de <http://www.bajacalifornia.gob.mx/portal/gobierno/ped/ped.jsp>

Golup, G. (2002). Tormentas eléctricas, rayos y pararrayos. Facultad de ciencias exactas, ingeniería y Agrimensura – UNR. Escuela de ciencias exactas y naturales. Departamento de Física.

Gutiérrez, C. (22 de enero de 2010). Desalojan familias tras inundaciones en Rosarito. (El Imparcial). Recuperado de <http://www.elimparcial.com/EdicionEnLinea/Notas/Noticias/22012010/425902.aspx>

Gutiérrez, C. (11 de 03 de 2011). Elevan precauciones en costas de Rosarito. (El Imparcial) Recuperado de <http://www.elimparcial.com/EdicionEnLinea/Notas/Noticias/11032011/502499.aspx>



Hari, P., y Darga, N. (2014). Coastal Erosion Studies - A Review. *Internation Journal of Geosciences* 5(2014): 341-345.

Hidalgo, J. (2011). Periodos dominantes del movimiento sísmico y su relación con los tipos de suelo en la zona de Granada. (Trabajo Fin de Master). Universidad de Granada. Granada España. 151. P.

H. VI Ayuntamiento de Playas de Rosarito. (2014). Localización, medición, posicionamiento y monumento de vetices de los límites municipales del TR-A al TR-46. Playas de Rosarito.

IGAC. (2010). Glosario. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Colombia. Recuperado de http://www.igac.gov.co/wps/portal/igac/raiz/iniciohome/nuestraentidad!/ut/p/c5/04_SB8K8xLLM9MSSzPy8xBz9CP0os3hHT3d_JydDRwN_9wA3A89gHz8XMz9flzMfU6B8JJK8u1ugq4Gnd6hRmL-3h5GBpykB3V76Uek5-UIAe8JBNuM2ydElvzzlJpC8AQ7gaKDv55Gfm6pfkBtRGeyp6wgAww1T4Q!!/dl3/d3/L3dDb0EvUU5RTGtBISEvWUZSdndBISEvNI9BSUdPQkixQTBHRIFMEILVTJWT0tIMjBBNw!!/

IMIP (2008). Programa Integral del Agua de Ensenada (PIAE). Instituto Municipal de Investigación y Planeación de Ensenada.

IMPLAN. (2014). Datos Vectoriales del municipio de Playas de Rosarito. Diferentes escalas.

IMPLAN. (s.f.). Plan Estratégico Metropolitano Tijuana, Tecate, Playas de Rosarito 2012- 2034.

INAFED. (2010). Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México. Recuperado de <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/index.html>

INECC (2015). Estrategia nacional de cambio climático visión 10-20-40. Gobierno de la República. ANEXO I: Anexo Metodológico del Diagnóstico de Adaptación. Recuperado de <http://iecc.inecc.gob.mx/uploads/documentos-descarga/4.pdf>

INEGI. (2014a). Anuario estadístico y geográfico de los Estados Unidos Mexicanos 2013. México.

INEGI. (2014b). Censos y Conteos. Población y vivienda. Recuperado de <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/>

INEGI. (2013). Día Mundial de la Población. Estadísticas a propósito del día mundial de la población. Datos de Baja California. Recuperado de <http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/aPropositom.asp?s=inegi&c=2882&ep=133>

INEGI (2012). Guía para la interpretación de cartografía hidrológica: Serie II / Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México : INEGI, 33 p.

INEGI. (2012). Zonas Metropolitanas en los Estados Unidos Mexicanos: Censos Económicos 2009. INEGI.

INEGI. (2011). Panorama sociodemográfico de Baja California. México. Recuperado de http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/censos/poblacion/2010/panora_socio/bc/Panorama_BC.pdf

INEGI. (2010a). Censo de población y vivienda 2010, Principales resultados por localidad (ITER). Recuperado de <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv2010/Default.aspx>



- INEGI. (2010b). Compendio de información geográfica municipal 2010, Playas de Rosarito, Baja California. México.
- INEGI. (2009a). Guía para la interpretación de cartografía uso de suelo y vegetación. Aguascalientes.
- INEGI. (2009b). Censos Económicos 2009. Consulta Interactiva de Datos. Recuperado de <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/saic/>
- INEGI. (2008). Características edafológicas, fisiográficas, climáticas e hidrológicas de México. México.
- INEGI. (2004a). Conjunto de Datos Vectoriales Fisiográficos. Continuo Nacional. Escala 1:1,000,000. Aguascalientes.
- INEGI. (2004b). Guía para la interpretación de cartografía edafológica. Aguascalientes.
- INEGI. (2001). Actualización sociodemográfica. Nota técnica cálculo de indicadores. México.
- INEGI (1998). Conjunto de Datos Vectoriales Geológicos. Escala 1:250,000 (1978-1988). Aguascalientes.
- INEGI. (s.f). México en Cifras. Información Nacional, por entidad federativa y municipios. Playas de Rosarito, Baja California. Recuperado de <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/>
- IPCC (2001). Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Summary for Policymakers. A Report of Working Group II of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Iriondo. (2007). Introducción a la Geología. Editorial Brujas. 240 pp.
- Jenks, G. F. (1967). The data model concept in statistical mapping. *International Yearbook of Cartography* (7):186-190.
- Johnson, A. y Rodine, J. (1984). Debris flow. En: Brunsdon, D. y Prior, D.B. (eds.) Slope Instability, John Wiley & Sons Ltd., 257-361, New York.
- Lamas, L. (19 de diciembre de 2013). Sismo de 4.6 grados sacude Baja California. Milenio. Recuperado de http://www.milenio.com/bajacalifornia/Sismo-sacude-Ensenada_0_2111179437.html
- Ley General de Protección Civil. (2012). Nueva Ley DOF 06-06-2012.
- Lizarraga, J., Martínez, A., Torres, C. y Galindo, L. (2008). Respuesta multianual de la playa en la costa de Rosarito, Baja California, México. *Ciencias Marinas* 4(34): 513-521.
- Lizárraga, R., Martínez, A., Delgado, O., Torres, C. y Galindo, L. (2007). Alternancia de los ciclos de erosión/acreción de playa relacionados con el oleaje de Rosarito, Baja California, México. *Ciencias Marinas* 3(33): 259-269.
- Lizárraga, R., Chee, A., Gil, E., Mendoza T. y Martínez, A. (2003). Effect of El Niño on the subaerial beach Playas de Rosarito, B.C., Mexico. *Geofísica Internacional* 3(42): 419-428.
- Lizárraga, R., Appendini, C. y Fisher, D. W. (2001). Planning for beach erosion: a case study, Playas de Rosarito, B. C. México. *Journal of Coastal Research* 3(17): 636-644.



- Matlab Central (2013). Standardized Precipitation Index. Recuperado de <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/26018-standardized-precipitation-index/content/SPI.m>
- Maderey, L. (s.f.). Intensidad de la precipitación en el Valle de México. México, 53 p. Recuperado de http://www.igeograf.unam.mx/sigg/utilidades/docs/pdfs/publicaciones/inves_geo/boletines/10/bol10_art96.pdf
- Mambretti, S. (2013). Tsunami: from fundamentals to damage mitigation. UK: WIT Press.
- Martínez, J. (19 de diciembre 2008). Playas de Rosarito quedó bajo el agua. El Universal. Recuperado de <http://www.eluniversal.com.mx/estados/70423.html>
- Medina, R., y Méndez, F. (2006). Inundación costera originada por la dinámica marina. *Ingeniería y territorio* nº 74 : 8-75.
- Medrano, F. (2004). Las comunidades vegetales de México. México: INE-SEMARNAT. Recuperado de <http://www.inecc.gob.mx/descargas/publicaciones/443.pdf>
- Mendoza, L., Acosta, J. y Hernández, S. (2009). Estudio para la identificación de la microzonación sísmica en la colonia "Ampliación Ejido Plan Libertador", municipio de Playas de Rosarito, Baja California.
- Miranda, J. (2011). Identificación y evaluación de la zona de riesgo de inundación, en la cuenca baja Arroyo Xhosda, San Juan del Río, Querétaro. (Tesis de maestría). Universidad Autónoma de Querétaro. 253 pp.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (s.f.). Introducción a la Geología Costera. Geoformas. Servicio Nacional de Estudios Territoriales. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.
- Moncho, R. (s.f.). Análisis de la intensidad de precipitación: Método de la intensidad contigua. Recuperado de <http://www.tiempo.com/ram/447/analisis-de-la-intensidad-de-precipitacion-metodo-de-la-intensidad-contigua/>
- Morales, J. Pluviales para Rosarito. Ecos de Rosarito, 27 de febrero al 5 de marzo de 1998.
- Moya, J., Corominas, J., Mavrouli, O., y Copons, R. (2013). Aproximación probabilística al número y tamaño de bloques en desprendimientos con fragmentación. VIII Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables.
- Naranjo, F. (2010). La importancia de incluir las tormentas eléctricas dentro de los planes de emergencia. *Éxito Empresarial*. No. 121, 2010.
- NOAA. (2014). Historical El Nino/ La Nina episodes (1950-present). Climate Prediction Center. Recuperado de http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml
- NOAA. (2014). Dust Storm Safety. Motorist beware! Recuperado de: <http://www.nws.noaa.gov/om/brochures/duststrm.htm>
- NOAA. (2014). National Hurricane Center Data Archive. NOAA/ National Weather Service National Centers for Environmental Prediction. National Hurricane Center. Recuperado de <http://www.prh.noaa.gov/hnl/cphc/>
- Oficio no. CNPC/ 356-1 /2014, presentado ante el Gobierno del Estado de Baja California por el Comité de Científicos Asesores (CCA), del Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC).



- ONU. (2014). Discapacidad, desastres naturales y situaciones de emergencia. Los derechos y la dignidad de las personas con discapacidad. Recuperado de: <http://www.un.org/spanish/disabilities/default.asp?id=1552>
- Ortiz, F.M. (2012). "Condición Santa Ana". No todo es viento Seco, alergias e incendios forestales. GEOS, Vol. 29, No. 2.
- Oporto, G. (2006). Estudio de fenómenos de remoción en masa. Sector Niebla-San Ignacio comuna de Valdivia Xa Región. Tesis. Universidad Austral de Chile. Instituto de Obras Civiles.
- Oyanguren, P. y Alejano, L. (2004). Mecánica de rocas: Fundamentos e ingeniería de taludes.
- Páez, M., Moreiras, S., Brenning, A., y Giambiagi, L. (2013). Flujos de detritos y aluviones históricos en la cuenca del río Blanco (32° 55'-33° 10'y 69° 10'-69° 25'), Mendoza. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 70(4): 488-498.
- PEACC-BC. (2008). Bases de Datos Climáticos del Noroeste de México. Recuperado de <http://peac-bc.cicese.mx/datosclim/dcbc.php#>
- Plascencia, A. (30 de enero de 2011). Historia de las inundaciones en Tijuana. El Mexicano. Recuperado de <http://www.el-mexicano.com.mx/información/suplementos/2/40/identidad/2011/01/30/451842/historia-de-las-inundaciones-en-tijuana>
- PDUCP PR. (2007). Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Playas de Rosarito, B.C. 2007-2020.
- POBC. (2013). Ley de zonas metropolitanas del Estado de Baja California. No. 14. Tomo CXX. Mexicali, B.C. 15 de marzo de 2013.
- POBC. (2012). Programa de Ordenamiento Territorial de la Zona Metropolitana de Tijuana, Tecate, Playas de Rosarito y Ensenada Baja California. No. 9. Tomo CXIX. Mexicali, B.C. 17 de febrero de 2012.
- POBC. (2010). Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Primo Tapia. Playas de Rosarito, B.C. 2007-2030 (PDUCP PT 2007-2030). Versión abreviada. No. 51. Tomo CXVII. Mexicali, B.C. 26 de noviembre de 2010.
- POBC. (2003) Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Playas de Rosarito 2000-2020. Versión abreviada. No. 21. Tomo CX. Mexicali, B.C. 02 de mayo de 2013.
- POBC. (1994). Ley de Desarrollo Urbano del Estado de Baja California. No. 26. Tomo CI. Secc I. Última reforma P.O. No. 34, Secc.I, 02 de agosto de 2013.
- Protección Civil. Actividades durante tormenta del día 25 y 26 de febrero. Febrero 2011.
- Protección Civil. Evaluación de Zonas de riesgo. Junio 2008.
- Protección Civil. Hundimientos de asfalto. Enero 2011.
- Protección Civil. Reporte de lluvias. Noviembre 2008.



Protección Civil. Reporte de visita a Fraccionamiento Ramos. Enero 2008.

Protección Civil. Solicitud e información. Octubre 2008.

Protección Civil. Visita a Colonia Ejido Mazatlán. Junio 2008.

Ramírez, P., y Alejano, L. (2004). Mecánica de rocas: Fundamentos e ingeniería de taludes.

Red sísmica del Noroeste de México. (2015). Reportes de sismicidad. CICESE. Recuperado de <http://resnom.cicese.mx/sitio/>

Reyes-Coca, S. (2013). Las sequías en Baja California. Órgano de comunicación interna del CICESE. TODO@CICESE. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE). En: CONAGUA. Programa de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía. Consejo de cuenca Baja California y municipio de San Luis Río Colorado, Sonora. 1ª versión, cuaderno de trabajo.

Rosarito en la Noticia. (11 de 03 de 2011). Pasa Tsunami sin contratiempos. Recuperado de Rosarito en la Noticia.info: <http://rosaritoenlanoticia2.blogspot.mx/2011/03/pasa-tsunami-sin-contratiempos.html>

Rosengaus, M., Jiménez, M. y Vázquez, Ma. (2002). Atlas climatológico de ciclones tropicales en México. CENAPRED-IMTA. México, 106 pp.

Rosete, F., Pérez, J. y Bocco, G. (2008). Cambio de uso del suelo y vegetación en la Península de Baja California, México. Investigaciones geográficas(67), 39-58.

SAGARPA (2010). Diagnóstico Sectorial Baja California 2009. Junio de 2010. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

Salas M. (2011). Metodología para la elaboración de mapas de riesgo por inundaciones en zonas urbanas. Dirección de Investigación. Subdirección de Riesgos por Inundación. Sistema Nacional de Protección Civil. Centro Nacional de Prevención de Desastres. México.

Salas, M. (1999). Obras de protección contra inundaciones. 1 edición. Secretaria de Gobernación. Centro Nacional de Prevención de Desastres. México, D. F. 67 pp.

Salgado Tránsito, J.A., Palacios Vélez, O., Galvis Spínola, A., Gavi Reyes, F., Mejía Sáenz, E. (2012). Efecto de la calidad de agua del acuífero Valle de Guadalupe en la salinidad de suelos agrícolas. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, vol. 3, núm. 1, pp. 79-95, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México.

SCT. (2015). Isoyetas de Intensidad - Duración - Periodo de Retorno para la República Mexicana. Baja California. Recuperado de: <http://www.sct.gob.mx/carreteras/direccion-general-de-servicios-tecnicos/isoyetas/>

SCT. (s.f). Anuario estadístico 2008. México. Recuperado de http://www.sct.gob.mx/fileadmin/_migrated/content_uploads/Anuario-2008_03.pdf

SEDATU (2014). Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo. 160 pp.

SEGOB. Acta 319. Recuperado de <http://www.sre.gob.mx/cilanorte/images/stories/pdf/319.pdf>.



SEGOB. (s.f.). Desastres guía de prevención, Tu vida es primero, tu participación es tu protección. Recuperado de <http://www.cenapred.unam.mx/es/DocumentosPublicos/PDF/guia.pdf>

SEMARNAT-CONAGUA. (2014). Programa de medidas preventivas y de mitigación de la sequía. Consejo de Cuenca Baja California y Municipio de San Luis Río Colorado, Sonora. México.

SE-SGM. (2013). Panorama minero del Estado de Baja California. Mexicali.

SGM. (2003). Carta Geológico-Minera, Tijuana I11-11, Baja California. Escala 1:250,000.

Sistema Nacional de Protección Civil. (2014). Atlas Nacional de Riesgos. Recuperado de <http://anr.losmapas.info/anr/?App=Aplicativo>

Spicker, P., Álvarez, S. y Gordon, D. (2009). Pobreza: un glosario internacional. CLACSO. Recuperado de <http://biblioteca.clacso.edu.ar/gsd/collect/clacso/index/assoc/D9393.dir/h.pdf>

SSN. 2014. Regiones Sísmicas de México. Recuperado de http://www2.ssn.unam.mx:8080/website/jsp/region_sismica_mx.jsp

STPS. (2014). Información laboral, noviembre 2014, Baja California. Subsecretaría de empleo y productividad laboral. Recuperado de http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/conoce/areas_atencion/areas_atencion/web/pdf/perfiles/perfil%20baja%20california.pdf

Strahler, A. (1964). Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. En: Handbook of Applied Hydrology, McGraw Hill Book Company, New York, Section 4-II.

Suárez, D. (1998). Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos, Ingeniería de Suelos.

Summit Technologies, Inc. Lake Mead Water Database. 2014. Recuperado en (<http://lakemead.water-data.com/>)

Tijuana Noticias. (11 de 03 de 2011). Ayuntamiento de Rosarito llama a la población a considerar medidas preventivas ante efectos de tsunami en Japón. Recuperado de Tijuana Noticias: <http://tijuananoticias.blogspot.mx/2011/03/ayuntamiento-de-rosarito-llama-la.html>

Trujillo, M., Betancourt, M. y Cruz, J. (2004). Salud y bajas temperaturas. En: Epidemiología, Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica, Vol. 21, Semana 21, Enero, del 23 al 29 de mayo, pp. 1-3.

United States Drought Monitor. (2015). Drought Severity Classification. Recuperado de <http://droughtmonitor.unl.edu/AboutUs/ClassificationScheme.aspx>

UNAM. (2007). Mapa de tormentas eléctricas y precipitación máxima, hoja NA-IV-11. Nuevo Atlas Nacional de México. Instituto de Geografía.

United State Geological Survey. (2015). Earthquake Facts and Statistics, 29 de noviembre de 2012.



UPSesis. (s.f.). Earthquake Magnitude Scale. Recuperado de: <http://www.geo.mtu.edu/UPSeis/magnitude.html>

Wyllie D. y Norrish N. (1996). "Stabilization of rock slopes". Landslides investigation and mitigation. Special report 247. Transportation Research Board. National research council, pp. 474-504. En: Suárez, D. J., (1998). Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos, Ingeniería de Suelos.

Wilhite, D. y Glantz, M. (1985). Understanding the drought phenomenon: The role of definitions, *Water International*, 10(3): 111-120. En: CONAGUA. Programa de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía. Consejo de cuenca Baja California y municipio de San Luis Río Colorado, Sonora. 1ª versión, cuaderno de trabajo.

Woodruff, J., Irish, J., Camargo, S. (2013). Coastal flooding tropical cyclones and sea-level rise. *Nature* 5(504): 44-52.

Zhu, X. (2010). Technologies for climate change adaptation, Coastal erosion and flooding. Denmark: UNEP.