Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de Colima 2014

Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de Colima 2014

DGOP-PRAH-001-2014

Grupo de Análisis, Evaluación y Gestión de Riesgos de la Universidad de Colima

Universidad de Colima, Av. Universidad #333, Col. Las Víboras., Colima, Col. Tel:(312) 3161000 (jofova@ucol.mx)

Diciembre 2014

Documento Final

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

Contenido

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES 1
1.1 INTRODUCCIÓN 1
1.2 ANTECEDENTES 2
1.2.1 Antecedentes históricos de los fenómenos de origen natural que han impactado al municipio de Colima 2
1.3 OBJETIVOS 6
Capítulo 2. DETERMINACIÓN DE NIVELES DE ANÁLISIS Y ESCALAS DE REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA 7
2.1 DETERMINAR LA ZONA DE ESTUDIO 7
2.2 DETERMINAR LAS ESCALAS A UTILIZAR POR FENÓMENO PERTURBADOR 8
2.2.1 Fenómenos geológicos 8
2.2.2 Fenómenos hidrometeorológicos 9
2.3 DETERMINAR EL NIVEL DE ANÁLISIS A UTILIZAR 10
2.3.1 Fenómenos geológicos 10
2.3.2 Fenómenos hidrometeorológicos 10
Capítulo 3. CARACTERIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL MEDIO NATURAL 13
3.1 FISIOGRAFÍA 13
3.2 GEOMORFOLOGÍA y OROGRAFÍA 14
3.3 GEOLOGÍA 16
3.3.1 Geología Local 17
3.3.2 Sitios de minerales metálicos 18
3.3.3 Sitios de minerales no metálicos 18

3.3.4 Sitios de agregados pétreos 19
3.4 EDAFOLOGÍA....21
3.5 HIDROLOGÍA 24
3.6 CUENCAS Y SUBCUENCAS 26
3.6.1 Subregión Hidrológica río Coahuayana. 26
3.6.2 Subregión hidrológica río Armería....27
3.6.3 Microcuencas en el municipio de Colima 27
3.7 CLIMA 28
3.7.1 Precipitación 29
3.7.2 Temperatura 29
3.7.3 Evapotranspiración 30
3.7.4 Fenómenos climatológicos regionales y locales que inciden en la zona....30
3.7.5 Humedad Relativa....30
3.7.6 Vientos locales....30
3.8 USO DEL SUELO Y VEGETACIÓN 31
3.9 ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS 33
Capítulo 4. CARACTERIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS SOCIALES, ECONÓMICOS Y DEMOGRÁFICOS DEL MUNICIPIO DE COLIMA 35
4.1 DINÁMICA DEMOGRÁFICA....36
4.1.1 Fecundidad y Mortalidad....36
4.1.2 Tasa de crecimiento....38
4.2 PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN SEGÚN CONAPO....39

4.3 DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN 40
4.3.1 Distribución territorial de la población 40
4.3.2 Estructura urbana....42
4.4 DENSIDAD DE LA POBLACIÓN 42
4.5 PIRÁMIDE DE EDADES 43
4.6 EQUIPAMIENTO....45
4.7 ESCOLARIDAD 47
4.7.1 Lengua indígena 48
4.8 HACINAMIENTO....48
4.8.1 Características de la vivienda 50
4.9 POBLACIÓN CON DISCAPACIDAD 51
4.10 MARGINACIÓN 53
4.11 POBREZA....59
4.12 POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA....61
4.12.1 Actividades económicas por sector....62
4.13 RESERVA TERRITORIAL 63
Capítulo 5. IDENTIFICACIÓN DE AMENAZAS, PELIGROS, VULNERABILIDAD Y RIESGOS ANTE FENÓMENOS PERTURBADORES DE ORIGEN NATURAL EN EL MUNICIPIO DE COLIMA 65
FENÓMENOS GEOLÓGICOS 65
5.1 VULCANISMO 65
5.1.1 Las erupciones volcánicas 66
5.1.2 Tipos de vulcanismo y erupciones 66

5.1.3 Volcanes de México 67
5.1.4 Peligros volcánicos 68
5.1.5 Metodología 73
5.1.6 El Complejo volcánico de Colima 74
5.1.7 El volcán de Fuego de Colima 77
5.1.8 El mapa de Peligros 83
5.1.9 Interpretación del mapa 87
5.1.10 Evaluación de la vulnerabilidad 89
5.1.11 Análisis del Riesgo 90
5.1.12 Obras y Acciones 91
5.2 SISMOS 94
5.2.1 *Zonas sísmicas en México* 94
5.2.2 *Sismicidad de Colima* 97
5.2.3 Atenuación de intensidad con la distancia 101
5.2.4 Sismicidad histórica en Colima 103
5.2.5 Peligro sísmico 106
5.2.6 Vulnerabilidad 108
5.2.7 Riesgo Sísmico 123
5.2.8 Conclusiones 138
5.3 TSUNAMI 139
5.3.1 Tsunamis en el estado de Colima 140

5.3.2 Tsunamis en el municipio de Colima....140
5.4 INESTABILIDAD DE LADERAS....141
5.4.1 Metodología....143
5.4.2 Memoria de cálculo....149
5.4.3 Resultado del análisis....149
5.4.4 Descripción de mapas de áreas de estudio....151
5.4.5 La vulnerabilidad....163
5.4.6 El riesgo por deslizamientos de laderas....167
5.5 FLUJOS....168
5.5.1 Peligro por flujos....169
5.5.2 *Metodología*....171
5.5.3 *Análisis de flujos en el municipio de Colima*....171
5.5.4 Vulnerabilidad....171
5.5.5 Riesgo....173
5.6 CAÍDOS O DERRUMBES....175
5.6.1 Causas de los Caídos....175
5.6.2 Factores que afectan la dinámica del Caído....176
5.6.3 Metodología....177
5.6.4 Memoria de cálculo....183
5.6.5 Resultado del análisis....183
5.6.6 Descripción de mapas de áreas de estudio....185

5.6.7 La vulnerabilidad 197
5.6.8 El riesgo por caídos o derrumbes 201
5.7 HUNDIMIENTOS 203
5.8 SUBSIDENCIA 203
5.9 AGRIETAMIENTOS 204
5.10 ARGUMENTOS QUE JUSTIFICAN LA NO PRESENCIA DE HUNDIMIENTOS, SUBSIDENCIA, AGRIETAMIENTOS Y FLUJOS EN EL MUNICIPIO DE COLIMA 204
5.11 FALLAS Y FRACTURAS 204
5.11.1 *Sección Salsipuedes-Los Tepames.* 204
5.11.2 Fallamiento normal y lineamientos de rumbo NW-SE 205
5.11.3 Fallamiento normal y lineamientos de rumbo NE-SW 206
5.11.4 Fallamiento normal y lineamientos de rumbo N-S 206
5.11.5 Deformación frágil-dúctil 207
FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS 208
5.12 ONDAS CÁLIDAS Y GÉLIDAS 208
5.12.1 Metodología 209
5.12.2 Memoria de Cálculo 209
5.12.3 Resultados del análisis Ondas Cálidas 212
5.12.4 Resultados del análisis Ondas Gélidas 214
5.13 SEQUÍAS 216
5.13.1 Clasificación 216
5.13.2 Daños ocasionados 217

5.13.3 Metodología 218
5.13.4 Memoria de Cálculo 218
5.13.5 Análisis de Resultados 219
5.14 HELADAS 221
5.15 TORMENTAS DE GRANIZO 222
5.15.1 Peligro 222
5.16 TORMENTAS DE NIEVE 231
5.16.1 Daños generados por las nevadas 231
5.17 CICLONES TROPICALES 232
5.17.1 Escala Saffir-Simpson 233
5.17.2 Antecedentes históricos 233
5.17.3 Peligro de ciclones tropicales 241
5.17.4 Vulnerabilidad 250
5.17.5 Riesgo 250
5.17.6 Periodo de retorno de Ciclones tropicales 259
5.18 TORNADOS 264
5.19 TORMENTAS DE POLVO 265
5.20 TORMENTAS ELÉCTRICAS 266
5.20.1 Peligro 267
5.21 LLUVIAS EXTREMAS 275
5.21.1 Lluvias extremas en el municipio de Colima 275

5.21.2 Metodología 277
5.21.3 Memoria de Cálculo 277
5.21.4 Análisis de Resultados 278
5.22 INUNDACIONES PLUVIALES, FLUVIALES, COSTERAS Y LACUSTRES 280
5.22.1 Inundaciones 280
5.22.2 Desbordamiento de ríos 281
5.22.3 Antecedentes históricos 281
5.22.4 Peligro 282
5.22.5 Metodología 282
5.22.6 Resultados del Análisis 293
5.22.7 Resultados del estudio hidráulico 317
5.22.8 Resultado del Análisis 323
5.22.9 Vulnerabilidad 332
5.22.10 Análisis de Resultados 336
5.22.11 Riesgo 339
5.22.12 Metodología 339
5.22.13 Análisis de Resultados 341
Capítulo 6. OBRAS Y ACCIONES 365
Fenómenos Geológicos 365
6.1 Erupciones volcánicas 365
6.2 Sismos 367

6.3 Tsunamis 368
6.4 Inestabilidad de Laderas (Flujos, caídos o derrumbes, hundimientos, subsidencia, agrietamientos) 368
Fenómenos Hidrometeorológicos 371
6.5 Ondas Cálidas y Gélidas 371
6.6 Sequías 372
6.7 Heladas 373
6.8 Tormentas de Granizo 373
6.9 Tormentas de nieve 373
6.10 Ciclones tropicales 373
6.11 Tornados 373
6.12 Tormentas de polvo 374
6.13 Tormentas eléctricas 374
6.14 Lluvias extremas 374
6.15 Inundaciones pluviales, fluviales, costeras y lacustres 375
REFERENCIAS 383

Índice de Tablas

Tabla 2.1.- Fenómenos Geológicos que la SEDATU recomienda analizar en la zona de estudio. 8
Tabla 2.2.- Fenómenos Hidrometeorológicos que la SEDATU recomienda analizar en la zona de estudio. 9
Tabla 3.1.- Regiones Fisiográficas del estado de Colima. 13
Tabla 3.2.- Sistema de topoformas del municipio de Colima. 15
Tabla 3.3.- Principales elevaciones en el municipio de Colima. 16
Tabla 3.4.- Geología del municipio de Colima. 18
Tabla 3.5.- Distribución superficial del tipo de suelo en el municipio de Colima. 23
Tabla 3.6.- Cuencas y Subcuencas. 27
Tabla 3.7.- Tipos de climas en el municipio de Colima. 28
Tabla 3.8.- Estaciones Meteorológicas del municipio de Colima. 29
Tabla 3.9.- Uso de suelo y vegetación del municipio de Colima. 32
Tabla 4.1.- Población total 1990-2010 Y 2030. Fuente: PMOT 2012, con datos de INEGI 1990, 1995, 2000, 2005 y 2010 38
Tabla 4.2.- Tasa de crecimiento de la población 1990-2010. Fuente: PMOT 2012, con datos de INEGI 1990, 1995, 2000, 2005 y 2010. 38
Tabla 4.3.- Proyección de la población de hombres y mujeres para el municipio de Colima. Fuente: CONAPO 39
Tabla 4.4.- Distribución de la población por tamaño de localidad. Fuente: INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010. 40
Tabla 4.5.- Población zona metropolitana de Colima-Villa de Álvarez. Fuente: CONAPO. 42
Tabla 4.6.- Zona metropolitana Colima-Villa de Álvarez. Densidad media urbana 1990-2010. Fuente: CONAPO 42
Tabla 4.7.- Población por grupos de edad. Fuente: INEGI. Censo de Población y Vivienda, 2010. Tabulados del Cuestionario Básico, Población. 44
Tabla 4.8.- Población de 3 años y más, por condición de asistencia escolar del municipio de Colima. Fuente: INEGI. Censo de Población y vivienda 2010. Tabulados del Cuestionario Básico. Educación. 48
Tabla 4.9.- Viviendas particulares habitadas en condiciones de hacinamiento. Fuente: Estimaciones del CONAPO con base en INEGI, Censo de Población y Vivienda 2010. 48

Tabla 4.10.- Porcentaje de viviendas particulares con algún nivel de hacinamiento en las principales localidades del municipio de Colima. 49
Tabla 4.11.- Tipo de limitación de la población en las principales localidades del municipio de Colima Fuente: Censo de Población y Vivienda 2010. 52
Tabla 4.12.- Índice y grado de marginación por localidad y lugar que ocupa a nivel nacional y estatal. 54
Tabla 4.13.- Índice de marginación por entidad federativa y municipio. Fuente: Plan Municipal de Desarrollo 2012-2015, con datos de CONAPO y del INEGI 2010. 57
Tabla 4.14.- Pobreza multidimensional del municipio de Colima 2010. Fuente: Plan Municipal de Desarrollo 2012-2015, con datos de CONEVAL y del INEGI 2010. 61
Tabla 4.15.- Estructura económica 2009. Fuente: Programa Municipal de Ordenamiento Territorial de Colima, 2012, con datos de Censos Económicos 2004 y 2009. 63
Tabla 5.1.- Tipos de erupciones y naturaleza de la actividad volcánica. 66
Tabla 5.2.- Índice de Explosividad Volcánica. Adaptado de Newhall y Self (1982). 67
Tabla 5.3.- Escala de Intensidad de Mercalli modificada abreviada. 96
Tabla 5.4.- Equivalencia entre magnitudes. 97
Tabla 5.5.- Parámetros de tasas de excedencia para las zonas sísmicas que afectan a Colima. 101
Tabla 5.6.- Periodo de retorno (años) para aceleración máxima mayor a 0.15g. 107
Tabla 5.7.- Clasificación de la vivienda según características usadas por el INEGI. 108
Tabla 5.8.- Valores del grado de vulnerabilidad social ante desastres 109
Tabla 5.9.- Memoria de cálculo para peligro sísmico de Acatitán 110
Tabla 5.10.- Memoria de cálculo para peligro sísmico de Cardona 110
Tabla 5.11.- Memoria de cálculo para peligro sísmico de Trapichillos 111
Tabla 5.12.- Memoria de cálculo para peligro sísmico de El Alpuyequito 111
Tabla 5.13.- Memoria de cálculo para peligro sísmico de El Amarradero. 112
Tabla 5.14.- Memoria de cálculo para peligro sísmico de El Astillero de Abajo. 112
Tabla 5.15.- Memoria de cálculo para peligro sísmico de El Astillero de Arriba. 113
Tabla 5.16.- Memoria de cálculo para peligro sísmico de El Chanal. 113

Tabla 5.17.- Memoria de cálculo para peligro sísmico de Estapilla. 114
Tabla 5.18.- Memoria de cálculo para peligro sísmico de La Capacha. 115
Tabla 5.19.- Memoria de cálculo para peligro sísmico de Las Golondrinas. 115
Tabla 5.20.- Memoria de cálculo para peligro sísmico de El Bordo. 115
Tabla 5.21.- Memoria de cálculo para peligro sísmico de Las Guásimas. 116
Tabla 5.22.- Memoria de cálculo para peligro sísmico de Las Tunas. 116
Tabla 5.23.- Niveles de riesgo. 124
Tabla 5.24.- Memoria de cálculo para riesgo sísmico de Acatitán. 124
Tabla 5.25.- Memoria de cálculo para riesgo sísmico de Cardona. 125
Tabla 5.26.-Memoria de cálculo para riesgo sísmico de Trapichillos. 125
Tabla 5.27.- Memoria de cálculo para riesgo sísmico de El Alpuyequito. 126
Tabla 5.28.-Memoria de cálculo para riesgo sísmico de El Amarradero. 126
Tabla 5.29.-Memoria de cálculo para riesgo sísmico de El Astillero de Abajo. 127
Tabla 5.30.- Memoria de cálculo para riesgo sísmico de El Astillero de Arriba. 127
Tabla 5.31.- Memoria de cálculo para riesgo sísmico de El Bordo. 128
Tabla 5.32.- Memoria de cálculo para riesgo sísmico de El Chanal. 128
Tabla 5.33.- Memoria de cálculo para riesgo sísmico de La Capacha. 128
Tabla 5.34.- Memoria de cálculo para riesgo sísmico de Estapilla. 129
Tabla 5.35.- Memoria de cálculo para riesgo sísmico de Las Golondrinas. 130
Tabla 5.36.- Memoria de cálculo para riesgo sísmico de Las Guásimas. 130
Tabla 5.37.- Memoria de cálculo para riesgo sísmico de Las Tunas. 131
Tabla 5.38.- Identificación de rasgos característicos que indican la posibilidad de inestabilidad de laderas. 144

Tabla 5.39.- Grados de amenaza en laderas. 145
Tabla 5.40.- Procedimiento para estimar la amenaza y el riesgo por deslizamiento, según la UNESCO (Fell, 1994). 146
Tabla 5.41.- Procedimientos para estimar el peligro y el riesgo por deslizamiento de laderas, usando el concepto de intensidad del peligro, según Hungr (1997). 146
Tabla 5.42.- Formato para la estimación del peligro de deslizamiento de laderas. 147
Tabla 5.43.- Estimación del peligro de deslizamiento. 149
Tabla 5.44.- Valores para el cálculo del peligro por inestabilidad. 150
Tabla 5.45.- Resumen de las áreas de riesgo de inestabilidad por caído o derrumbe analizadas en el municipio de Colima. 151
Tabla 5.46.- Cuantificación de vulnerabilidad por inestabilidad de laderas en el municipio de Colima. 167
Tabla 5.47.- Estimación del riesgo por inestabilidad de laderas. 167
Tabla 5.48.- Cuantificación del riesgo por inestabilidad de laderas en el municipio de Colima. 167
Tabla 5.49.- Identificación de rasgos característicos que indican la posibilidad de un deslizamiento. 178
Tabla 5.50.- Grados de amenaza en laderas. 179
Tabla 5.51.- Procedimiento para estimar la amenaza y el riesgo por deslizamiento, según la UNESCO (Fell, 1994). 179
Tabla 5.52.- Procedimientos para estimar el peligro y el riesgo por deslizamiento de laderas, usando el concepto de intensidad del peligro, según Hungr (1997). 180
Tabla 5.53.- Formato para la estimación del peligro de deslizamiento de laderas. 181
Tabla 5.54.- Estimación del peligro de deslizamiento. 183
Tabla 5.55.- Valores para el cálculo del peligro por inestabilidad. 184
Tabla 5.56.- Resumen de las áreas de riesgo de Inestabilidad por caídos o derrumbe analizadas en el municipio de Colima. 185
Tabla 5.57.- Cuantificación de vulnerabilidad por caídos o derrumbes en el municipio de Colima. 201
Tabla 5.58.- Estimación del riesgo por caídos o derrumbes. 201
Tabla 5.59.- Cuantificación del riesgo por caídos o derrumbes en el municipio de Colima. 202
Tabla 5.60.- Distribuciones de probabilidad que tuvieron el mejor ajuste por cada estación, y las temperaturas máximas extremas para los periodos de retorno (TR) de 2, 5, 10, 25 y 50 años. 210

Tabla 5.61.- Distribución de probabilidad de mejor ajuste para cada estación y la temperatura mínima extrema para los periodos de retorno (TR) de 2, 5, 10, 25 y 50 años. 210
Tabla 5.62.- Aridez para cada estación meteorológica del periodo de 1980 a 2013. 218
Tabla 5.63.- Bases de datos de días promedio con granizo al mes durante el período de 1951 a 2010. 223
Tabla 5.64.- Datos de días con granizo de las estaciones climatológicas que se encuentran dentro de los límites del municipio de Colima. 225
Tabla 5.65.- Malla de 1 km^2 con los datos del resultado de interpolar de los datos de días con granizo. 226
Tabla 5.66.- Número de días con granizadas. 228
Tabla 5.67.- Asignación de valores. 228
Tabla 5.68.- Categorías sugeridas para el índice. 229
Tabla 5.69.- Localidades que se encuentran en peligro Muy Bajo ante una granizada. 230
Tabla 5.70.- Localidades y población que se encuentra en peligro Bajo ante una granizada. 230
Tabla 5.71.- Escala Saffir-Simpson. 233
Tabla 5.72.- Datos para calculó del peligro y el periodo de retorno conforme a la metodología del CENAPRED. 244
Tabla 5.73.- Resultados del peligro (de 0 a 1) que representa cada categoría de ciclón tropical 245
Tabla 5.74.- Ponderación del peligro. 245
Tabla 5.75.- Población que se encuentra en peligro en el municipio de Colima por ciclón tropical. 246
Tabla 5.76.- Vulnerabilidad para cada una de las 28 localidades del municipio de Colima. 250
Tabla 5.77.- Cálculo del riesgo por ciclones tropicales con base a la vulnerabilidad social y peligro. 251
Tabla 5.78.- Valores para clasificar el riesgo. 253
Tabla 5.79.- Índice del riesgo con base a metodología del CENAPRED. 254
Tabla 5.80.- Población que se encuentra en riesgo en el municipio de Colima por ciclón tropical. 255
Tabla 5.81.- Resultados de periodos de retorno en años para ciclones tropicales. 260
Tabla 5.82.- Bases de datos de días promedio con tormentas eléctricas al mes durante el período de 1951 a 2010. 267

Tabla 5.83.- Datos de días con tormentas eléctricas de las estaciones climatológicas que se encuentran dentro de los límites del municipio de Colima. 269
Tabla 5.84. Malla de 1 km^2 con los datos del resultado de interpolar de los datos de días con tormentas eléctricas. 270
Tabla 5.85.- Ponderación del peligro con base a la metodología del CENAPRED. 272
Tabla 5.86.- Localidad que se encuentra en peligro Muy Bajo por tormentas eléctricas. 273
Tabla 5.87.- Localidades que se encuentran en peligro Bajo por tormenta eléctricas. 273
Tabla 5.88.- Lluvias extremas en 24 horas para periodos de retorno 5, 25, 50 y 100 años, de 30 estaciones climatológicas. 277
Tabla 5.89.- Funciones de distribución de probabilidad. 286
Tabla 5.90.- Valores para el coeficiente de escurrimiento (Aparicio, 1987). 290
Tabla 5.91.- Coordenadas del HUA. 292
Tabla 5.92.- Características fisiográficas de las cuencas del arroyo Santa Gertrudis. 295
Tabla 5.93.- Precipitación (mm) promedio, mínima y máxima para las estaciones Colima, Buenavista, Cuauhtémoc y ETA-Comala. 298
Tabla 5.94.- Precipitaciones máximas (mm) en 24 horas, promedio anual para un periodo de 1947 a 2013. 300
Tabla 5.95.- Corrección de precipitaciones máximas (mm) en 24 horas, promedio anual para un periodo de 1947 a 2013. 302
Tabla 5.96.- Resumen de precipitaciones máximas (mm) extrapoladas para diferentes periodos de retorno para 4 estaciones climatológicas. 304
Tabla 5.97.- Parámetros de lluvias máximas. 304
Tabla 5.98.- Relación de lluvia R para 1 h/24 h de cada estación. 304
Tabla 5.99.- Coeficiente de escurrimiento (Ce) para la cuenca Santa Gertrudis. 305
Tabla 5.100.- Parámetros necesarios para calcular hidrograma para cada microcuenca. 305
Tabla 5.101.- Coeficiente de escurrimiento (Ce) para la microcuenca del arroyo Jazmín. 306
Tabla 5.102.- Parámetros necesarios para calcular el hidrograma para la microcuenca del arroyo Jazmín para un periodo de retorno de 5 años. 307
Tabla 5.103.- Coeficiente de escurrimiento (Ce) para la mcirucenca del arroyo Las Grullas 308
Tabla 5.104.- Parámetros necesarios para calcular el hidrograma para cada microcuenca del arroyo Las Grullas 308

Tabla 5.105.- Coeficiente de escurrimiento (Ce) para la cuenca del arroyo Manrique 309
Tabla 5.106.- Parámetros necesarios para calcular el hidrograma para cada microcuenca del arroyo Manrique. 309
Tabla 5.107.- Coeficiente de escurrimiento (Ce) para la cuenca del río Colima....311
Tabla 5.108.- Parámetros necesarios para calcular el hidrograma para cada microcuenca del río Colima. 311
Tabla 5.109.-Coeficiente de escurrimiento (Ce) para la cuenca de los arroyos de Los Tepames. 313
Tabla 5.110.- Parámetros necesarios para calcular el hidrograma para cada microcuenca de los arroyos Los Tepames. 313
Tabla 5.111.- Coeficiente de escurrimiento (Ce) para la cuenca río Naranjo. 315
Tabla 5.112.- Parámetros necesarios para calcular el hidrograma para cada microcuenca del río Naranjo. 315
Tabla 5.113.- Materiales comunes usados en los muros de vivienda. 333
Tabla 5.114.- Materiales comunes usados en los techos de vivienda. 333
Tabla 5.115.- Combinaciones para los diferentes tipos de vivienda, de acuerdo con los materiales usados en el techo y los muros 334
Tabla 5.116.- Vulnerabilidad de la vivienda ante inundaciones. Primer filtrado. 335
Tabla 5.117.- Vulnerabilidad de la vivienda ante inundaciones. 335
Tabla 5.118.- Discretización del tipo de vivienda, según el material usado en techo y muros. 336
Tabla 5.119.- Vulnerabilidad física de vivienda ante inundación para la ciudad de Colima. 336
Tabla 5.120.- Función de peligro 339
Tabla 5.121.- Función de peligro y vulnerabilidad con 10 niveles de peligro por inundación. 340
Tabla 5.122.- Resultados de la avenida de diseño para un periodo de retorno de 2 años para el Arroyo Santa Gertrudis. 341
Tabla 5.123.- Resultados para el arroyo Manrique para una avenida de diseño de Q=20.88 m^3/s, para un periodo de retorno de 2 años. 348
Tabla 5.124.- Resultados de inundación con el programa HEC-RAS, para el río Colima, mostrado en secciones a cada 50 m, Tr=2años. 352
Tabla 5.125.- Resultados de inundación con el programa HEC-RAS, para el arroyo Jazmín, mostrado en secciones a cada 50 m, Tr=2años. 354
Tabla 5.126.- Resultados para una avenida de diseño Q= 28.35 m^3/s para un periodo de retorno de 5 años. 357

Tabla 5.127.- Resultados de inundación obtenidos con HEC-RAS para el Río Naranjo para un periodo de retorno de 2 años. 360
Tabla 5.128.- Resultados del programa HEC-RAS, para el arroyo Colomotitán 2 de la localidad de los Tepames. 362
Tabla 6.1.- Propuesta de obras y acciones de los fenómenos geológicos en el municipio de Colima. 369
Tabla 6.2.- Propuesta de obras y acciones de los fenómenos hidrometeorológicos en el municipio de Colima. 376

Índice de Figuras

Figura 2.1.- Mapa base del municipio de Colima. 7
Figura 3.1.- Mapa de fisiografía del municipio de Colima. 14
Figura 3.2.- Mapa de geomorfología del municipio de Colima. 16
Figura 3.3.- Mapa de geología del municipio de Colima. 21
Figura 3.4.- Mapa de edafología del municipio de Colima. 24
Figura 3.5.- Mapa de hidrografía del municipio de Colima. 26
Figura 3.6.- Mapa de las cuencas río Armería y río Coahuayana que pertenecen a la región hidrológica 16. 28
Figura 3.7.- Mapa de tipos de climas en el municipio de Colima. 31
Figura 3.8.- Mapa de uso del suelo y vegetación en el municipio de Colima. 33
Figura 4.1.- Localización del municipio de Colima en el Estado. 35
Figura 4.2.- Distribución de la Población total por municipio. Fuente: INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010. 36
Figura 4.3.- Promedio de hijos nacidos vivos por grupos de edad. Fuente: Panorama Sociodemográfico de Colima, con datos del INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010. 37
Figura 4.4.- Porcentaje de hijos fallecidos por grupos de edad. Fuente: Panorama Sociodemográfico de Colima, con datos de INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010. 37
Figura 4.5.- Tasa del crecimiento promedio anual 2000-2010 para los municipios de Colima. Fuente: INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010. 39
Figura 4.6.- Distribución de la población por tamaño de localidad. Fuente: INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010. 40
Figura 4.7.- Distribución de la población. 41
Figura 4.8.- Densidad de la población en la zona urbana de Colima. 43

Figura 4.9.- Pirámide poblacional del municipio de Colima 2010. Fuente: INEGI Censo de Población y Vivienda, 2010. Tabulados del Cuestionario Básico, Población. 45

Figura 4.10.- Equipamiento de la ciudad de Colima. 47

Figura 4.11.- Nivel de hacinamiento en la ciudad de Colima. 50

Figura 4.12.- Nivel de hacinamiento en el municipio de Colima. 50

Figura 4.13.- Disponibilidad de servicios en la vivienda. Fuente: INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010. 51

Figura 4.14.- Población según el tipo de limitación en la actividad. Fuente: INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010. 51

Figura 4.15.- Mapa de distribución de personas con discapacidad. 53

Figura 4.16.- Población con discapacidad física por manzana en la zona urbana de Colima. 53

Figura 4.17.- Índice de marginación urbana. Fuente: CONAPO. 56

Figura 4.18.- Porcentaje de población por grado de marginación. Fuente: Plan Municipal de Desarrollo 2012 – 2015 con datos de CONAPO. 57

Figura 4.19.- Grado de marginación de la población por localidad. 58

Figura 4.20.- Nivel de hacinamiento por AGEB en la ciudad de Colima. 59

Figura 4.21.- Indicadores de pobreza en Colima, 2010. Fuente: CONEVAL. Informe de pobreza y evaluación en el estado de Colima, 2012, con datos del INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010. 60

Figura 4.22.- Porcentaje de población en situación de pobreza en Colima, 2010. Fuente: CONEVAL. Informe de pobreza y evaluación en el estado de Colima, 2012, con base en la muestra del Censo de Población y Vivienda 2010. INEGI. 60

Figura 4.23.- Población ocupada del municipio según nivel de ingresos. Fuente: INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010: Tabulados del Cuestionario Ampliado. 62

Figura 4.24.- Participación de los sectores económicos. Personal ocupado 2009. 62

Figura 4.25.- Participación de los sectores económicos. Producción bruta 2009. 62

Figura 4.26.- Reserva territorial en la zona urbana de Colima. 64

Figura 5.1.- Esquema general de los peligros volcánicos. Tomado del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS). Reduciendo el riesgo de los peligros volcánicos. 69

Figura 5.2.- Distancia alcanzada por la ceniza desde el centro de emisión de acuerdo al porcentaje de fragmentación y tipo de erupción. 70

Figura 5.3.- Localización del volcán de Fuego de Colima y el municipio de Colima. 77

Figura 5.4.- Mapa de Peligros del Volcán de Fuego de Colima de Navarro *et. al*., (2003). 85

Figura 5.5.- Mapa de peligrosidad del volcán de Fuego de Colima. 88

Figura 5.6.- Vulnerabilidad en el municipio de Colima. 90

Figura 5.7.- Placas tectónicas y sus correspondientes velocidades relativas promedio. 95

Figura 5.8.- Epicentros de temblores con magnitud 7 o mayor, ocurridos en o cerca del territorio nacional durante el siglo XX. 95

Figura 5.9.- Mapa de Regionalización sísmica de México (CFE, 1993). 98

Figura 5.10.- Regionalización sísmica del municipio de Colima 98

Figura 5.11.- Epicentros del periodo 1900-2014 con magnitudes >=4 99

Figura 5.12.- Zonas de fuentes sísmicas. 100

Figura 5.13.- Atenuación de Intensidad con la distancia del sismo del 21 de enero de 2003. Los círculos azules son sitios con anomalías en la intensidad. La curva es calculada de acuerdo a la ecuación macrosísmica del sismo de 1995 (Zobin, 2007). 103

Figura 5.14.- Mapa de Intensidad para el sismo del 21 de enero de 2003. 103

Figura 5.15.- Periodos de retorno para una aceleración máxima del terreno mayor a 0.15g. 108

Figura 5.16.- Nivel de vulnerabilidad física de la localidad de Acatitán. 117

Figura 5.17.- Nivel de vulnerabilidad física para la localidad de Cardona. 117

Figura 5.18.- Nivel de vulnerabilidad física para la localidad de Trapichillos. 118

Figura 5.19.- Nivel de vulnerabilidad física para la localidad de El Alpuyequito. 118

Figura 5.20.- Nivel de vulnerabilidad física para la localidad de El Amarradero. 119

Figura 5.21.- Nivel de vulnerabilidad física para la localidad de El Astillero de Abajo. 119

Figura 5.22.- Nivel de vulnerabilidad física para la localidad de El Astillero de Arriba. 120

Figura 5.23.- Nivel de vulnerabilidad física para la localidad de El Bordo. 120

Figura 5.24.- Nivel de vulnerabilidad física para la localidad de El Chanal. 121

Figura 5.25.- Nivel de vulnerabilidad física para la localidad de Estapilla. 121

Figura 5.26.- Nivel de vulnerabilidad física para la localidad de La Capacha. 122

Figura 5.27.- Nivel de vulnerabilidad física para la localidad de Las Golondrinas. 122
Figura 5.28.- Nivel de vulnerabilidad física para la localidad de Las Guásimas. 123
Figura 5.29.- Nivel de vulnerabilidad física para la localidad de Las Tunas. 123
Figura 5.30.- Nivel de riesgo sísmico de la localidad de Acatitán. 132
Figura 5.31.- Nivel de riesgo sísmico para la localidad de Cardona. 132
Figura 5.32.- Nivel de riesgo sísmico para el Trapichillos. 133
Figura 5.33.- Nivel de riesgo sísmico para la localidad de El Alpuyequito. 133
Figura 5.34.- Nivel de riesgo sísmico para la localidad de El Amarradero. 134
Figura 5.35.- Nivel de riesgo sísmico para El Astillero de Abajo. 134
Figura 5.36.- Nivel de riesgo sísmico para la localidad de El Astillero de Arriba. 135
Figura 5.37.- Nivel de riesgo sísmico para la localidad de El Bordo. 135
Figura 5.38.- Nivel de riesgo sísmico de El Chanal. 136
Figura 5.39.- Nivel de riesgo sísmico de Estapilla. 136
Figura 5.40.- Nivel de riesgo sísmico para la localidad de La Capacha. 137
Figura 5.41.- Nivel de riesgo sísmico de Las Guásimas. 137
Figura 5.42.- Nivel de riesgo sísmico de Las Golondrinas. 138
Figura 5.43.- Nivel de riesgo sísmico para la localidad de Las Tunas. 138
Figura 5.44.- Localización del municipio de Colima con respecto a los límites costeros del estado de Colima. 141
Figura 5.45.- Perfil de alteración de un suelo residual y de la roca basal. 144
Figura 5.46.- Rumbo y echado de una formación geológica. 148
Figura 5.47.- Relación entre el echado de discontinuidades y la inclinación de la ladera. 148
Figura 5.48.- Localización de zonas de inestabilidad en el municipio de Colima. 150

Figura 5.49.- Mapa de pendientes del municipio de Colima. 152
Figura 5.50.- Mapa de pendientes y red carretera del municipio de Colima. 153
Figura 5.51.- Mapa de cobertura vegetal del municipio de Colima. 154
Figura 5.52.- Mapa de pendientes y cobertura vegetal del municipio de Colima. 155
Figura 5.53.- Mapa de precipitaciones y red carretera. 156
Figura 5.54.- Mapa de arroyos y ríos del municipio de Colima. 157
Figura 5.55.- Mapa de litología con zonas de inestabilidad de laderas. 158
Figura 5.56.- Mapa de fallas y vías de comunicación. 159
Figura 5.57.- Mapa de fallas y escorrentías. 160
Figura 5.58.- Mapa de pendientes y geología. 161
Figura 5.59.- Mapa de escorrentías y geología. 162
Figura 5.60.- Mapa de pendientes con elevaciones. 163
Figura 5.61.- Mapa de vulnerabilidad por manzana en la localidad de Los Tepames. 165
Figura 5.62.- Mapa de vulnerabilidad por manzana en la localidad de Tinajas. 166
Figura 5.63.- Mapa de riesgo por inestabilidad de laderas en el municipio de Colima. 168
Figura 5.64.- Vulnerabilidad física de viviendas ante flujos en la ciudad de Colima. 172
Figura 5.65.- Vulnerabilidad física de viviendas ante flujos en la localidad de Los Tepames. 172
Figura 5.66.- Vulnerabilidad física de viviendas ante flujos en la localidad de Tinajas. 173
Figura 5.67.- Mapa por flujos en la zona urbana de Colima. 174
Figura 5.68.- Mapa por flujos en la localidad Los Tepames. 174
Figura 5.69.- Mapa por flujos en la localidad de Tinajas. 175
Figura 5.70.- Perfil de alteración de un suelo residual y de la roca basal. 178

Figura 5.71.- Rumbo y echado de una formación geológica. 182
Figura 5.72.- Relación entre el echado de discontinuidades y la inclinación de la ladera. 182
Figura 5.73.- Localización de zonas de inestabilidad en el municipio de Colima. 184
Figura 5.74.- Mapa de pendientes del municipio de Colima. 186
Figura 5.75.- Mapa de pendientes y red carretera del municipio de Colima. 187
Figura 5.76.- Mapa de cobertura vegetal del municipio de Colima. 188
Figura 5.77.- Mapa de pendientes y cobertura vegetal del municipio de Colima. 189
Figura 5.78.- Mapa de precipitaciones y red carretera. 190
Figura 5.79.- Mapa de arroyos y ríos del municipio de Colima. 191
Figura 5.80.- Mapa de litología con zonas de inestabilidad por caídas o derrumbe en laderas. 192
Figura 5.81.- Mapa de fallas y vías de comunicación. 193
Figura 5.82.- Mapa de fallas y escorrentías. 194
Figura 5.83.- Mapa de pendientes y geología. 195
Figura 5.84.- Mapa de escorrentías y geología. 196
Figura 5.85.- Mapa de pendientes con elevaciones. 197
Figura 5.86.- Mapa de vulnerabilidad por manzana en la localidad de Los Tepames. 199
Figura 5.87.- Mapa de vulnerabilidad por manzana en la Localidad de Tinajas. 200
Figura 5.88.- Mapa de riesgo de caídos o derrumbes. 202
Figura 5.89.- Fallas y fracturas en el municipio de Colima. 207
Figura 5.90.- Ondas cálidas en el municipio de Colima. 209
Figura 5.91.- Ondas gélidas en el municipio de Colima. 209
Figura 5.92.- Ondas cálidas en el municipio de Colima para un periodo de retorno de 2 años. 212

Figura 5.93.- Ondas cálidas en el municipio de Colima para un periodo de retorno de 5 años. 212
Figura 5.94.- Ondas cálidas en el municipio de Colima para un periodo de retorno de 10 años. 213
Figura 5.95.- Ondas cálidas en el municipio de Colima para un periodo de retorno de 25 años. 213
Figura 5.96.- Ondas cálidas en el municipio de Colima para un periodo de retorno de 50 años. 214
Figura 5.97.- Ondas gélidas en el municipio de Colima para un periodo de retorno de 2 años. 214
Figura 5.98.- Ondas gélidas en el municipio de Colima para un periodo de retorno de 5 años. 215
Figura 5.99.- Ondas gélidas en el municipio de Colima para un periodo de retorno de 10 años. 215
Figura 5.100.- Ondas gélidas en el municipio de Colima para un periodo de retorno de 25 años. 216
Figura 5.101.- Ondas gélidas en el municipio de Colima para un periodo de retorno de 50 años. 216
Figura 5.102.- Peligro de sequía en el municipio de Colima. 220
Figura 5.103.- Peligro de heladas en el municipio de Colima. 221
Figura 5.104.- Estaciones meteorológicas que registran días con granizo. Fuente: Elaboración propia con datos de la Comisión Nacional del Agua. 223
Figura 5.105.- Días con granizo por estación al mes. 225
Figura 5.106.- Días con granizo en el municipio de Colima. 229
Figura 5.107.- Nevadas en el municipio de Colima. 232
Figura 5.108.- Trayectorias de ciclones tropicales que han transitado por la zona de estudio en los últimos 65 años (1949-2013). 234
Figura 5.109.- Trayectorias de ciclones tropicales en el período de 1949 a 2013 en el mes de mayo. 235
Figura 5.110.- Trayectorias de ciclones tropicales en el período de 1949 a 2013 en el mes de junio. 236
Figura 5.111.- Trayectorias de ciclones tropicales en el período de 1949 a 2013 en el mes de julio. 237
Figura 5.112.- Trayectorias de ciclones tropicales en el período de 1949 a 2013 en el mes de agosto. 238
Figura 5.113.- Trayectorias de ciclones tropicales en el período de 1949 a 2013 en el mes de septiembre. 240
Figura 5.114.- Trayectorias de ciclones tropicales en el período de 1949 a 2013 en el mes de octubre. 241

Figura 5.115.- Malla limitada al área de estudio. 242
Figura 5.116.- Ejemplo de estadística de tránsito de trayectorias por celda. 242
Figura 5.117.- Mapa donde se muestra la malla que cubre la zona de estudio y las trayectorias de los ciclones que pasan por dicha zona. 243
Figura 5.118.- Peligro de impacto de depresión tropical. 247
Figura 5.119.- Peligro de impacto de tormenta tropical. 247
Figura 5.120.- Peligro de impacto de huracán categoría 1. 248
Figura 5.121.- Peligro de impacto de huracán categoría 2. 248
Figura 5.122.- Peligro de impacto de huracán categoría 3. 249
Figura 5.123.- Peligro de impacto de huracán categoría 4. 249
Figura 5.124.- Peligro de impacto de huracán categoría 5. 249
Figura 5.125.- Mapa de riesgo por depresión tropical en las localidades del municipio de Colima. 256
Figura 5.126.- Mapa de riesgo por tormenta tropical en las localidades del municipio de Colima. 256
Figura 5.127.- Mapa de riesgo por huracán categoría 1 en las localidades del municipio de Colima. 257
Figura 5.128.- Mapa de riesgo por huracán categoría 2 en las localidades del municipio de Colima. 257
Figura 5.129.- Mapa de riesgo por huracán categoría 3 en las localidades del municipio de Colima. 258
Figura 5.130.- Mapa de riesgo por huracán categoría 4 en las localidades del municipio de Colima. 258
Figura 5.131.- Mapa de riesgo por huracán categoría 5 en las localidades del municipio de Colima. 259
Figura 5.132.- Período de retorno de impacto de depresión tropical. 261
Figura 5.133.- Período de retorno de impacto de tormenta tropical. 261
Figura 5.134.- Período de retorno de impacto de huracán categoría 1. 262
Figura 5.135.- Período de retorno de impacto de huracán categoría 2. 262
Figura 5.136.- Período de retorno de impacto de huracán categoría 3. 263

Figura 5.137.- Período de retorno de impacto de huracán categoría 4. 263
Figura 5.138.- Período de retorno de impacto de huracán categoría 5. 264
Figura 5.139.- Tornados en el municipio de Colima. 265
Figura 5.140.- Mapa de tormentas de polvo del municipio de Colima. 266
Figura 5.141.- Estaciones meteorológicas que registran días con tormentas eléctricas. Fuente: Elaboración propia con datos de la Comisión Nacional del Agua. 267
Figura 5.142.- Días con tormentas eléctricas en el municipio de Colima. 269
Figura 5.143.- Mapa de peligro de tormenta eléctricas en el municipio de Colima. 273
Figura 5.144.- Lluvias extremas en el municipio de Colima. 276
Figura 5.145.- Lluvias extremas para un período de retorno de 5 años. 279
Figura 5.146.- Lluvias extremas para un período de retorno de 10 años. 279
Figura 5.147.- Lluvias extremas para un período de retorno de 25 años. 280
Figura 5.148.- Lluvias extremas para un período de retorno de 50 años. 280
Figura 5.149.- Sistema de ordenación de corrientes de Horton-Strahler. 284
Figura 5.150.- Curva masa de una tormenta. 285
Figura 5.151.- Relación empírica para estimar la lluvia de una hora y período de retorno de 2 años. 288
Figura 5.152.- Etapas de una tormenta. 289
Figura 5.153.- Sitios históricos con presencia de inundaciones. 294
Figura 5.154.- Cauce arroyo Santa Gertrudis. 294
Figura 5.155.- Delimitación de las cuencas del arroyo Santa Gertrudis. 295
Figura 5.156.- Estaciones climatológicas que influyen en la zona de estudio y área de influencia a partir de los polígonos de Thiessen. 296
Figura 5.157.- Precipitación media, mínima y máxima (mm) en la estación Colima-Costeño. 297
Figura 5.158.- Precipitación media, mínima y máxima (mm) e la estación Buenavista. 297

Figura 5.159.- Comportamiento de la precipitación en la estación Cuauhtémoc. 297
Figura 5.160.- Comportamiento de la precipitación en la estación ETA-Comala. 297
Figura 5.161.- Distribución espacial de la lluvia media (mm) anual en el municipio de Colima. 299
Figura 5.162.- Hidrograma de la microcuenca 1 del arroyo Santa Gertrudis. 305
Figura 5.163.- Hidrograma de la microcuenca 2 del arroyo Santa Gertrudis. 305
Figura 5.164.- Hidrograma de la microcuenca 3 del arroyo Santa Gertrudis. 306
Figura 5.165.- Hidrograma de la microcuenca 4 del arroyo Santa Gertrudis. 306
Figura 5.166.- Hidrograma de la microcuenca del arroyo Jazmín para un periodo de retorno de 5 años. 308
Figura 5.167.- Hidrograma de la microcuenca del arroyo Jazmín para un periodo de retorno de 2 años. 308
Figura 5.168.- Hidrograma de la microcuenca del arroyo Las Grullas para un periodo de retorno de 5 años. 309
Figura 5.169.- Hidrograma de la microcuenca del arroyo Las Grullas para un periodo de retorno de 2 años. 309
Figura 5.170.- Hidrograma de la microcuenca 1 del arroyo Manrique. 310
Figura 5.171.- Hidrograma de la microcuenca 2 del arroyo Manrique. 310
Figura 5.172.- Hidrograma de la microcuenca 1 del río Colima. 312
Figura 5.173.- Hidrograma de la microcuenca 2 del Río Colima. 312
Figura 5.174.- Hidrograma de la microcuenca 3 del río Colima. 312
Figura 5.175.- Hidrograma de la microcuenca 4 del río Colima. 312
Figura 5.176.- Hidrograma de la microcuenca 20 de Los Tepames. 314
Figura 5.177.- Hidrograma de la microcuenca 27 de los Tepames. 314
Figura 5.178.- Hidrograma de la microcuenca 28 de Los Tepames. 314
Figura 5.179.- Hidrograma de la microcuenca 29 de Los Tepames. 314
Figura 5.180.- Hidrograma de la microcuenca 39 del río Naranjo. 316

Figura 5.181.- Hidrograma de la microcuenca 41 del río Naranjo. 316
Figura 5.182.- Hidrograma de la microcuenca 43 del río Naranjo. 316
Figura 5.183.- Hidrograma de la microcuenca 45 del río Naranjo. 316
Figura 5.184.- Secciones del arroyo Santa Gertrudis para un periodo de retorno de 2 años. 317
Figura 5.185.- Perfil de arroyo Santa Gertrudis para un periodo de retorno de 2 años. 317
Figura 5.186.- Secciones del arroyo Manrique para un periodo de retorno de 2 años. 318
Figura 5.187.-Secciones del arroyo Manrique para un periodo de retorno de 2 años. 318
Figura 5.188.- Secciones del río Colima para un periodo de retorno de 2 años. 319
Figura 5.189.- Perfil del río Colima para un periodo de retorno de 2 años. 319
Figura 5.190.- Secciones del arroyo Jazmín para un periodo de retorno de 2 años. 320
Figura 5.191.- Perfil del arroyo Jazmín para un periodo de retorno de 2 años. 320
Figura 5.192.- Secciones del arroyo Las Grullas para un periodo de retorno de 2 años. 321
Figura 5.193.- Perfil del arroyo Las Grullas para un periodo de retorno de 2 años. 321
Figura 5.194.- Secciones de un arroyo de los Tepames para un periodo de retorno de 2 años. 322
Figura 5.195.- Perfil de un arroyo de los Tepames para un periodo de retorno de 2 años. 322
Figura 5.196.- Secciones del río Naranjo para un periodo de retorno de 2 años. 323
Figura 5.197.- Perfil del río Naranjo para un periodo de retorno de 2 años. 323
Figura 5.198.- Avenida de diseño para un periodo de retorno de 2 años para el arroyo Santa Gertrudis parte 1. 324
Figura 5.199.- Avenida de diseño para un periodo de retorno de 2 años para el arroyo Santa Gertrudis parte 2. 324
Figura 5.200.- Avenida de diseño para un periodo de retorno de 2 años para el arroyo Santa Gertrudis parte 3. 325
Figura 5.201.- Avenida de diseño para un periodo de retorno de 5 años para el arroyo Santa Gertrudis. 326
Figura 5.202.- Avenida de diseño para un periodo de 2 años para el arroyo Manrique. 327

Figura 5.203.- Avenida de diseño para un periodo de 5 años para el arroyo Manrique. 327
Figura 5.204.- Avenida de diseño para un periodo de 2 años para el río Colima. 328
Figura 5.205.- Avenida de diseño para un periodo de 5 años para el río Colima. 328
Figura 5.206.- Avenida de diseño para un periodo de 2 años para arroyo Jazmín. 329
Figura 5.207.- Avenida de diseño para un periodo de 5 años para arroyo Jazmín. 329
Figura 5.208.- Avenida de diseño para un periodo de 2 años para arroyo Las Grullas. 330
Figura 5.209.- Avenida de diseño para un periodo de 5 años para arroyo Las Grullas. 330
Figura 5.210.- Avenida de diseño para un periodo de 2 años para el río Naranjo. 331
Figura 5.211.- Avenida de diseño para un periodo de 5 años para el río Naranjo. 331
Figura 5.212.- Avenida de diseño para un periodo de 2 años para arroyos de Los Tepames. 332
Figura 5.213.- Avenida de diseño para un periodo de 5 años para arroyos de Los Tepames. 332
Figura 5.214.- Clasificación de la vulnerabilidad de la vivienda. 335
Figura 5.215.- Vulnerabilidad Física de vivienda ante una inundación en el municipio de Colima. 338
Figura 5.216.- Funciones de peligro y vulnerabilidad para vivienda. 340
Figura 5.217.- Mapa de Riesgo por Inundación para el arroyo Santa Gertrudis para un periodo de retorno de 2 años. 348
Figura 5.218.- Mapa de Riesgo por Inundación para el arroyo Santa Gertrudis para un periodo de retorno de 5 años. 348
Figura 5.219.- Mapa de Riesgo por Inundación para el arroyo Manrique para un periodo de retorno de 2 años. 352
Figura 5.220.- Mapa de Riesgo por Inundación para el arroyo Manrique para un periodo de retorno de 5 años. 352
Figura 5.221.- Mapa de Riesgo por Inundación para el río Colima para un periodo de retorno de 2 años. 354
Figura 5.222.- Mapa de Riesgo por Inundación para el río Colima para un periodo de retorno de 5 años. 354
Figura 5.223.- Riesgo por inundación para un periodo de retorno de 2 años, para el arroyo El Jazmín. 357
Figura 5.224.- Riesgo por inundación para un periodo de retorno de 5 años, para el arroyo El Jazmín. 357

Figura 5.225.- Riesgo por inundación para un periodo de retorno de 2 años, para el arroyo Las Grullas. 360
Figura 5.226.- Riesgo por inundación para un periodo de retorno de 5 años, para el arroyo Las Grullas. 360
Figura 5.227.- Mapa de Riesgo por Inundación para los arroyos de Los Tepames para un periodo de retorno de 2 años. 363
Figura 5.228.- Mapa de Riesgo por Inundación para los arroyos de Los Tepames para un periodo de retorno de 5 años. 363

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

1.1 INTRODUCCIÓN

La generación del Atlas de Riesgos del Municipio de Colima (ARMUC), crea un instrumento que informa a la población sobre los peligros naturales existentes en el estado, con la finalidad de que ésta tenga una capacidad de respuesta durante un evento susceptible de afectación.

Está demostrado que los individuos que conocen de cerca los peligros asociados a la actividad natural del planeta se muestran más sensibles y se incrementan los niveles de respuesta positiva esperada para asuntos relacionados con una evacuación, reduciendo el impacto desastroso que puede suponer un fenómeno natural o antropogénico. Asimismo, la zonificación y el análisis de áreas susceptibles a ser afectadas por estos fenómenos, posibilitará una rápida actuación por parte de los Sistemas de Protección Civil involucrados en la emergencia.

El tema del riesgo dentro de la prevención de desastres ha sido tratado y desarrollado, por diversas disciplinas que han conceptualizado sus elementos, en la mayoría de los casos de manera similar. Un punto de partida es que los riesgos están ligados a las actividades humanas. La existencia de un riesgo implica la presencia de un agente perturbador (fenómeno natural o generado por el hombre) que tenga la probabilidad de ocasionar daños a un sistema afectable (asentamientos humanos, infraestructura, planta productiva, etcétera) en un grado tal, que constituye un desastre. Así, un movimiento del terreno provocado por un sismo no funda un riesgo por sí mismo. Si éste se produjese en una zona deshabitada, no afectaría a ningún asentamiento humano y por tanto, no produciría un desastre.

En términos cualitativos, se entiende por Riesgo a la probabilidad de suscitarse daños, pérdidas o efectos indeseables sobre sistemas constituidos por personas, comunidades o sus bienes, como consecuencia del impacto de eventos o fenómenos perturbadores. La probabilidad de ocurrencia de tales eventos en un cierto sitio o región constituye una amenaza, entendida como una condición latente de posible generación de eventos perturbadores.

Consideramos que la responsabilidad de los organismos encargados en el estudio de los fenómenos naturales, no debe terminar con la transferencia de la información obtenida a las autoridades. Adicionalmente, los científicos, en conjunto con los sistemas de protección civil, deben trabajar activamente en la información y educación de la población y los medios de comunicación sobre los fenómenos naturales y antropogénicos en general y sobre la naturaleza de los posibles peligros en particular. Los científicos están calificados para interpretar el significado de las observaciones y mediciones efectuadas en un fenómeno físico, y son las personas apropiadas para servir como enlace en el flujo de información a todos los grupos que necesitan estar al tanto sobre los fenómenos y sus peligros asociados.

En este proyecto se realiza un diagnóstico integral del municipio de Colima, considerando las condiciones del medio físico natural y el medio social en relación con los fenómenos de origen natural que inciden en la zona. Se elabora una descripción de los principales fenómenos de origen natural que han impactado al municipio y un recuento histórico de su acontecer, así como un análisis de las principales amenazas en la entidad. De igual forma, se describen las herramientas informáticas, geográficas y de percepción remota, que se utilizaron en el desarrollo del sistema de Información geográfica, indispensable en la generación del Atlas de Riesgos.

El Atlas de Riesgos del Municipio de Colima tiene su origen en el Programa de Prevención de Riesgos en los Asentamientos Humanos (PRAH) de SEDATU, que está dirigido a los municipios vulnerables y susceptibles a los efectos destructivos de fenómenos hidrometeorológicos y geológicos, mediante acciones que desincentiven la ocupación del suelo en zonas de riesgo, y promuevan obras para la reducción y mitigación de los mismos, así como las acciones de educación y sensibilización para la prevención de desastres.[1] El Programa está dirigido a mitigar los efectos de los fenómenos perturbadores de origen natural, para aumentar la resiliencia en los gobiernos locales y la sociedad, a fin de evitar retrocesos en las estrategias para elevar la calidad de vida de la población y contribuir al cumplimiento de los objetivos institucionales en materia de ordenamiento territorial.

[1] El Programa se encuentra alineado a la Meta Nacional del Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, “México en Paz”; Objetivo 1.6 “Salvaguardar a la población, a sus bienes y a su entorno ante un desastre de origen natural o humano”. Estrategia 1.6.1. “Política estratégica para la prevención de desastres”. Asimismo, responde al Programa Sectorial de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano 2013-2018 a través del Objetivo 2. “Incentivar el crecimiento ordenado de los asentamientos humanos, los centros de población y las zonas metropolitanas”, a través de su Estrategia 2.4 “Fortalecer en Coordinación interinstitucional e intergubernamental, la prevención de riesgos y la mitigación de los efectos de los desastres naturales en el territorio nacional”, en Reglas de Operación del Programa de Prevención de Riesgos en los Asentamientos Humanos, para el ejercicio fiscal 2014. Diario Oficial, domingo 29 de diciembre de 2013, Novena Sección.

Este proyecto pretende complementar la tarea de proporcionar mayor información a las autoridades y público en general, además de suministrar herramientas para un manejo adecuado de los peligros naturales, su zonificación y por consecuencia el instrumento para su mitigación.

1.2 ANTECEDENTES

1.2.1 Antecedentes históricos de los fenómenos de origen natural que han impactado al municipio de Colima

Desde la fundación de Colima, diversos han sido los fenómenos de origen natural que han afectado a la ciudad y su municipio. Existen registros desde el siglo XVI del impacto, en ocasiones desastroso, que sufrió principalmente la ciudad de Colima por sismos, huracanes, inundaciones, vientos, incendios y en menor medida erupciones volcánicas. No obstante, se presentan imprecisiones acerca del impacto de fenómenos naturales en el municipio, pues las descripciones suelen ser muy generales y en ocasiones ambiguas; sin embargo, también existen referencias precisas sobre la afectación sufrida en la ciudad de Colima y pueblos vecinos.

El primer sismo del que se tiene noticia tuvo lugar el 27 de mayo de 1563 y afectó la costa de Colima y Jalisco, principalmente en Barra de Navidad[2]. El 14 de abril de 1574 un terremoto causó daños materiales y pérdidas humanas en Colima. Se dice que tiró la iglesia, aunque no hace referencia a cuál de ellas, y muchas casas. Sin embargo, se sabe que fue sentido con fuerza en Guadalajara y Michoacán y con menos intensidad en Acapulco, la Mixteca, el valle de Oaxaca y la Costa[3]. Una réplica de este sismo fue sentida al día siguiente en Zapotlán el Grande pero no produjo víctimas ni destrucción de casas.

El 10 de enero de 1585 se produjo una explosión volcánica que ocasionó una lluvia de ceniza que cubrió un radio mayor de 30 km y ocasionó el bloqueo total de la luz solar. La dispersión de las cenizas se distribuyó por más de 40 leguas (aproximadamente 220 km) y los campos se cubrieron con una capa de ceniza que semejaba a una nevada grande, lo que provocó la muerte de muchas cabezas de ganado.[4] Es probable que por la época del año en la que tuvo lugar el evento, la dispersión de las cenizas hubiese sido hacia el noreste.[5]

Las crónicas nos cuentan que en 1609 hubo un gran terremoto en Colima que “puso tal espanto en los habitantes”, que el Ayuntamiento citó a sus miembros a una sesión plena para elegir un santo patrón de la villa que la librara de todas estas calamidades. Entre abril y agosto de 1611, varios fueron los sismos que se sintieron en Colima y Zapotlán el Grande. Al parecer, el 14 y 15 de abril se apreciaron algunos temblores. El 26 y 31 de agosto la actividad sísmica fue sentida nuevamente en Colima y Zapotlán, en este último lugar, el que el sismo del día 26 derribó la iglesia, el Hospital de la Purísima Concepción y varias fincas.[6]

El 15 y 16 de abril de 1616, en la Villa de Colima hubo una fuerte actividad que se mantuvo varios meses y culminó el 10 de junio con otra sacudida.[7] El 10 de junio de 1625 se dice que como consecuencia de una fuerte actividad sísmica fueron destruidos varios templos y grandes fincas en Colima. No se precisan más datos pero al parecer se trató de una fuerte sacudida.

El 10 de junio de 1680 ocurrió una fuerte actividad sísmica local alrededor del área de pueblos cercanos. Se dice que el sismo ocasionó la caída de todos los templos y la mayor parte de las casas de la Villa de Colima y pueblos cercanos.[8] Se sabe que para ese entonces existían por lo menos la iglesia y monasterio de San Francisco de Almoloyan y tres ermitas: San Lázaro, San Andrés y la de Nuestra Señora. Sin

[2] Catálogo de la historia sísmica de Colima, 1896, p. 64.
[3] Tello y Mota Padilla, Martínez, 1890.
[4] Tello, 1651., p. 689, Arreola, 1915, p. 449.
[5] Bretón, M. El Volcán de Fuego de Colima, seis siglos de actividad eruptiva, 1523-2010, (2012) p. 37.
[6] *Idem*; Vizcaíno, p. 4.
[7] Tuvo características muy especiales pues se dice que coincidió con un eclipse de sol, lo que aumentó el pavor entre la población. Catálogo, 1986 p. 64.
[8] Augusto Hernández, C., 1995, p. 125.

duda, el edificio más afectado durante esta etapa fue el antiguo monasterio de San Francisco de Almoloyan, que ocupaba parte de los terrenos de la actual iglesia de San Francisco.[9] Otro sismo ocurrido fue el del 15 de octubre de 1687 pero del cual no se tienen más detalles.[10]

Antes de terminar el siglo XVII, el 23 de febrero de 1690, “hubo un temblor terrible en Colima que derribó todos los templos y la mayor parte de las casas de la ciudad y pueblos cercanos, viéndose obligados los frailes a celebrar sus oficios en una enramada que se formó en la plaza pública”. Sabemos que el sismo fue sentido también en México en donde “tembló la tierra y se tocó plegaria”.[11]

En 1711, el domingo 16 de agosto, entre las once y doce de la noche hubo un temblor de tierra “que arruinó muchos edificios”. La duración de este sismo la extienden las crónicas por varios minutos, tratándose seguramente de varias réplicas que fueron sentidas en el lapso de media hora. Se habla del impacto en muchos sitios aunque no se especifica en ninguna fuente cuál fue la afectación que sufrió Colima. El 25 y 26 de junio de 1739 sucedieron algunos terremotos que afectaron principalmente a las ciudades de Colima y Guadalajara destruyendo casas e iglesias, aunque también fue sentido en otros territorios del país.

En 1744 el volcán de Fuego mantenía una actividad constante, llegando las cenizas a la ciudad de Colima y produciendo flujos de lodo que bajaban por su río y que inundaban las tierras.[12]

A las 12 de la noche del 10 de marzo de 1770, el volcán entró de nuevo en actividad al escucharse una explosión, que al lanzar una nube de humo cubrió el cielo impidiendo la vista de las estrellas. La explosión produjo ríos de fuego que se veían correr por las laderas del volcán, quemando todo a su paso y abriendo grandes brechas en el terreno que siguieron siendo visibles varios años después, y que afectaron a la barranca la Joya, en donde sepultaron muchas cabezas de ganado mayor. Se dice que esta actividad tuvo una duración de tres horas y toda la zona quedó cubierta por la ceniza impidiendo, al día siguiente, la penetración de los rayos del sol. La lluvia de ceniza provocada por la actividad, afectó a las poblaciones localizadas al norte y se menciona que alcanzaron distancias superiores a las 100 leguas, más de 550 km.[13]

Ese mismo año, el 29 de septiembre de 1770, fueron sentidas en Colima y Guadalajara varias sacudidas en un lapso de pocas horas. Algunos han confundido la actividad volcánica de marzo con la actividad tectónica de septiembre, sin embargo, el origen y consecuencia de cada una de ellas están bien identificados.

El día 26 de noviembre de 1780, a las cuatro de la mañana, tuvo el volcán una explosión que lanzó material incandescente hacia la parte sur de éste, creando incendios en sus faldas que fueron vistos desde la ciudad de Colima.

En 1786, en un año especialmente seco, ocurrió en Colima, el 26 de junio a las 2:45 de la mañana, “un fuerte terremoto con repetición”. A pesar de que no se contabilizaron daños de consideración, se dice que el sismo “atemorizó mucho a los habitantes”.

En 1790, un nuevo sismo volvió a dejar en la región de Colima y Jalisco “ruinas y luto”. El sismo afectó principalmente a Zapotlán y en Colima se indica que “casi derribó a todos los edificios de la localidad”, pero se ignoran más detalles al respecto.

El 17 de junio de 1795 fue sentido en Colima un “terrible temblor de tierra con un ruido subterráneo fuerte y fiero y extraño”. El sismo ocurrió a la una y media de la mañana y tuvo una duración aproximada de 10 a 15 segundos, provocando la cuarteadura de algunas casas y la caída de sus tejas.[14]

---

[9] Este edificio sufrió también los embates de los sismos de 1806, 1816 y 1818 que produjeron su ruina.
[10] El Comentario, miércoles 15 de octubre de 2003. Universidad de Colima
[11] Robles, A., 1853, III, p. 35.
[12] Bretón, M. El Volcán de Fuego de Colima, seis siglos de actividad eruptiva, 1523-2010, (2012) p. 39.
[13] *Idem.*
[14] *Idem*, p. 41.

El 3 de diciembre de 1805, 25 de junio de 1806, 16 de septiembre de 1807, 13 de noviembre de 1816, se registraron fuertes sismos que afectaron la región.

El 30 de mayo de 1818 a las 3:07 de la mañana ocurrió un fuerte terremoto.[15] En Colima "casi todas las casas derribó, causando 80 muertos y 72 heridos de gravedad", destruyendo además la parroquia en la que actualmente se localiza la catedral.[16] El 2 de octubre del mismo año repitió otro sismo que terminó por destruir las fincas que no habían sido derribadas con el sismo del 31 de mayo.

El 7 de abril de 1845, a las 3:47 de la tarde, sucedió un sismo que afectó a la ciudad de Colima, destruyendo, varias casa y, entre otras cosas, la pared de las tiendas de comercio de los portales "por hallarse no sólo desplomada notablemente, sino muy cuarteada por los fuertes temblores que han incidido estos días y de que no hay seguridad deban cesar". Se sabe que días antes otros sismos se habían sentido en la zona, uno el 8 de marzo, otro el 31 de marzo a las 11 de la noche, el siguiente el 1 de abril de a las 3:15 de la madrugada y uno más a las 11:45 de la noche del 2 de abril, "éste echó abajo algunas paredes arruinadas".

Dos años después, el 2 de octubre de 1847, a las 10:55 fue sentido en las ciudades de Colima, Zapotlán, Ocotlán y San Ana un fuerte temblor de tierra.[17] Un año después, el sábado 2 de octubre de 1848, a las 7 de la mañana, se sintió un terremoto del que se dice tuvo larga duración y que provocó el derribo de varias casas y arruinó el templo parroquial.[18]

El 14 de marzo de 1873 a la 6:25 p.m. una actividad volcánica ocasionó caída de ceniza en la ciudad de Colima.[19] El 24 de febrero de 1875 a las 9:10 de la noche la ciudad de Colima resultó afectada por el sismo que fue sentido con igual intensidad aunque no se precisa en qué consistieron los daños.[20]

Para 1895 el estado de Colima tenía una población total de 55,643 habitantes, mientras que en la ciudad de Colima la población era de 19,305 personas, esto según los datos del primer censo oficial realizado en México.[21]

El 19 de enero de 1900 a las 11:45 de la noche, un movimiento oscilatorio seguido de una trepidación creciente de Oeste a Este que tuvo una duración de 1 minuto 15 segundos y afectó a sitios como Colima, Almoloyan, Tecomán, Teutlán, Ixtlahuacán, Tecalitlán, Tolimán, Zapotitlán, Villa de Álvarez, Cuyutlán y Coahuayana, entre otros. Muchos edificios resultaron dañados como la Catedral, el Beaterio, la iglesia del Sagrado Corazón de Jesús, la de la Sangre de Cristo, San Francisco de Asís, varias escuelas, el Seminario Conciliar, el Hospital Civil, el Orfanatorio, la Cárcel, el portal Medellín, los portones de la tapia del Jardín Núñez y unas 200 casas. Se dice que murieron 8 personas y más de 50 resultaron heridas y contusionadas.

El 7 de junio de 1911 a las 4:28 de la madrugada, una fuerte sacudida fue sentida en muchos estados del país, incluyendo a Colima. Según los datos oficiales hubo un muerto en el rancho del Agua Hedionda, un herido en la ciudad de Colima, así como dos heridos graves y uno leve en Villa de Álvarez. El templo de la Merced fue casi destruido y tuvo que ser clausurado ante la amenaza que se derrumbase. Las torres del templo de San José cayeron sobre la cúpula de la misma iglesia, derribándola. La catedral de Colima, sufrió grandes cuarteaduras, lo mismo que el palacio de gobierno cuyo reloj cayó durante la sacudida. Según el padre Severo Díaz, este sismo se caracterizó por su larga duración y por haberse sentido con la misma intensidad en todos los puntos que abarcó.

---

[15] ARMUNCOL, 1818; C. M. BUSTAMANTE, Cuadro Histórico de la Revolución Mexicana de 1810 (ed. Facsímil, 1985) tomo IV, pp. 540-541.
[16] Su reconstrucción se inició el 1 de octubre de ese mismo año. El Comentario, miércoles 2 de octubre de 2003. Universidad de Colima.
[17] Informe del prefecto de Distrito de Colima al Secretario de Gobierno. En AGN: GMRE, vol. 30, e.6,f.1
[18] El Comentario, jueves 2 de octubre de 2003. Universidad de Colima.
[19] Bretón, Op. Cit., pp. 52-53.
[20] SDN, 8 marzo de 1875, p. 3; Martínez, 1890.
[21] El Comentario, Lunes 20 de octubre de 2003. Universidad de Colima.

El 3 de junio de 1932 ocurrió el mayor sismo registrado en México durante el siglo XX, de magnitud M_s= 8.4 en Colima y Jalisco. La ciudad de Colima quedó muy afectada. Tecomán, Autlán y Mascota quedaron en ruinas. Se registraron cerca de 300 muertos. Dos días después del sismo ocurrió una réplica y la madrugada del día 18 fue sentida una nueva sacudida. Precedido por la actividad sísmica de los días 3 y 18 de junio de 1932, el 22 de junio de 1932, a las 6:59:28 (hora local) ocurrió un sismo de M_s= 6.9 que originó un tsunami en la costa del estado de Colima.

El 15 de abril de 1941 a la 1:15 de la tarde fue sentido un fuerte terremoto en el estado de Colima que afectó severamente a la ciudad capital. La magnitud del sismo principal fue de 7.7 en la escala Richter[22]. Los efectos de la sacudida provocaron la muerte de 28 personas, más de cien heridos y se contabilizó la caída de más del 80% de las viviendas de la ciudad de Colima.[23] La afectación fue tan grande que los vecinos de la ciudad capital plantearon la reedificación de la ciudad de Colima en la misma área o también buscar edificarla en un sitio próximo. El estado quedó incomunicado con el resto del país durante cuatro días.

A las 15:05 horas del día martes 30 de enero de 1973, un fuerte sismo fue sentido en todo el Estado de Colima. Uno de los sitios más afectados resultó ser Manzanillo aunque también fueron perjudicadas muchas casas en Tecomán, Armería, Coahuayana y Colima.

El jueves 31 de agosto de 2001, se suscitó una fuerte tromba que duró cerca de hora y media, iniciada en la parte Norte de la ciudad, a la altura de la localidad de Joyitas, municipio de Villa de Álvarez, la cual, provocó el desbordamiento del arroyo Pereyra y del río Colima, dejando como saldo cuatro personas muertas, alrededor de 8 vehículos atrapados, así como cuantiosos daños materiales e inundaciones; parcialmente en el cine Jorge Sthal (aproximadamente 40 personas rescatadas) y la totalidad de la clínica del IMSS (aproximadamente un metro subió el agua) por lo que fueron evacuados todos los enfermos quienes serían trasladados a diferentes hospitales en la Ciudad de Colima.

Se cayó el puente que comunica a Chiapa y Ocotillo, sobre el río Colima, razón por la cual, se suspendió el tráfico en el tercer anillo periférico en previsión de que se cayeran los puentes.

La capital del estado fue la zona más afectada por el desbordamiento del río Colima. Se albergaron 92 personas entre niños y adultos.

En la Ciudad de Colima fueron 30 viviendas las dañadas totalmente y 139 casas pérdidas parciales y localizadas en un 80 por ciento en la zona centro de la ciudad. Se registraron 82 familias que perdieron totalmente sus pertenencias y viviendas, 37 familias fueron afectadas con invasión de grandes cantidades de lodo en el interior de sus casas habitación y el resto sólo tuvieron invasión de lodo con inundación, cabe señalar, que en su mayoría estas casas estaban asentadas en la margen del arroyo.[24]

El 21 de enero de 2003 a las 8:06 p.m. fue sentido en todo el estado de Colima un fuerte sismo que tuvo más de un minuto de duración y causó grandes y graves destrozos en las ciudades más importantes de Colima. Se reportaron también daños en 25 localidades, principalmente costeras, de los estados de Jalisco y Michoacán.

Los reportes oficiales de Protección Civil contabilizaron 21 muertos y alrededor de 15,000 casas dañadas, resultando más de 3,000 con daños severos. En un principio se mencionó que sólo las casas construidas con adobe habían sufrido los mayores daños, sin embargo, a lo largo de los días se pudo constatar que muchas construcciones realizadas con materiales de calidad y técnicas modernas también sufrieron el embate de la sacudida. Un elevado número de viviendas localizadas en la ciudad de Colima sufrieron severos daños. En el comparativo realizado con los datos de los Censos de Población y Vivienda (INEGI 2000 y 2010) el municipio de Colima pasó de 32,315 viviendas habitadas en el año 2000 a 41,669 en el 2010, un aumento de 9,354 viviendas, construidas en buena medida después del sismo.

[22] Servicio Sismológico Nacional.
[23] María Mestre Martí, La llegada de la modernidad a la ciudad de Colima.
[24] Información extraída de la hemeroteca del Diario de Colima. www.diariodecolima.com

El huracán “Jova” azotó la costa de Colima en las primeras horas del día 12 de octubre de 2011, como huracán de categoría II, con vientos máximos sostenidos de 160 km/h y rachas de 195 km/h. Se reportaron lluvias máximas puntuales en 24 horas de 374.4 mm en Coquimatlán, Col (siendo la mayor cantidad de lluvia a nivel nacional durante el año 2011). La ciudad de Colima resultó severamente afectada por las lluvias ocasionadas al desbordarse los ríos que cruzan la ciudad, colapsando cinco puentes urbanos, provocando la inundación de varias colonias, y sufriendo la caída de árboles.

El 15 de septiembre de 2013 a las 4 de la tarde, la tormenta tropical Manuel golpeó al estado de Colima y provocó severas tormentas en el municipio de Colima. Debido a la gran afectación ocasionada en todo el estado, la Secretaría de Gobernación emitió dos declaratorias de emergencia para la entidad, la primera de ellas para diez municipios, y la segunda, a modo emergente para siete de ellos.

1.3 OBJETIVOS

El objetivo general de este proyecto es la generación del Atlas de Riesgos del Municipio de Colima, que además de definir los peligros naturales a los que está expuesta la población del municipio, creé escenarios que permitan a los Sistemas de Protección Civil implementar medidas de gestión, prevención y mitigación frente a diversos peligros.

El Atlas de Riesgos del Municipio de Colima pretende contar con diagnósticos a nivel local, partiendo de criterios homogéneos y siguiendo una metodología común. Es por esta razón que tomaremos como guía la metodología propuesta por la Secretaría de Desarrollo Agrario Territorial y Urbano (SEDATU) y la complementaremos con la metodología propuesta por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) y la CONAGUA. En estas metodologías se proponen lineamientos generales y criterios uniformes para identificar y cuantificar los peligros, establecer las funciones de vulnerabilidad y exposición, y estimar el grado de riesgo del municipio.

Capítulo 2. DETERMINACIÓN DE NIVELES DE ANÁLISIS Y ESCALAS DE REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA

2.1 DETERMINAR LA ZONA DE ESTUDIO

Colima es también un municipio del estado de Colima y capital del mismo en el que residen los poderes públicos de la entidad. El municipio de Colima se localiza, en su mayor parte, en el Valle de Colima; se encuentra entre los 19° 53’ y 19° 21' de latitud norte y entre los 103° 32’ y 103° 43' de longitud oeste del meridiano de Greenwich. Tiene una altura promedio de 550 metros sobre el nivel del mar y una mínima de 305 metros. Limita al norte con el municipio de Cuauhtémoc; al sur con el de Ixtlahuacán; al suroeste con el de Tecomán; al sureste con el estado de Michoacán; al este con el estado de Jalisco; al oeste con el municipio de Coquimatlán y al noroeste con el municipio de Villa de Álvarez. Su cabecera es la ciudad de Colima. Tiene una extensión territorial de 746.00 km^2, lo que equivale el 12.90% de la superficie total del estado.[25] (Figura 2.1).

Cuenta con 185 localidades y sumó para el año 2010, 146,904 habitantes de los cuales 71,556 eran hombres y 75,348 mujeres. De ellos, el 93.52% vive en la ciudad de Colima, y el resto se reparte en poblaciones no mayores de 2,500 habitantes.[26]

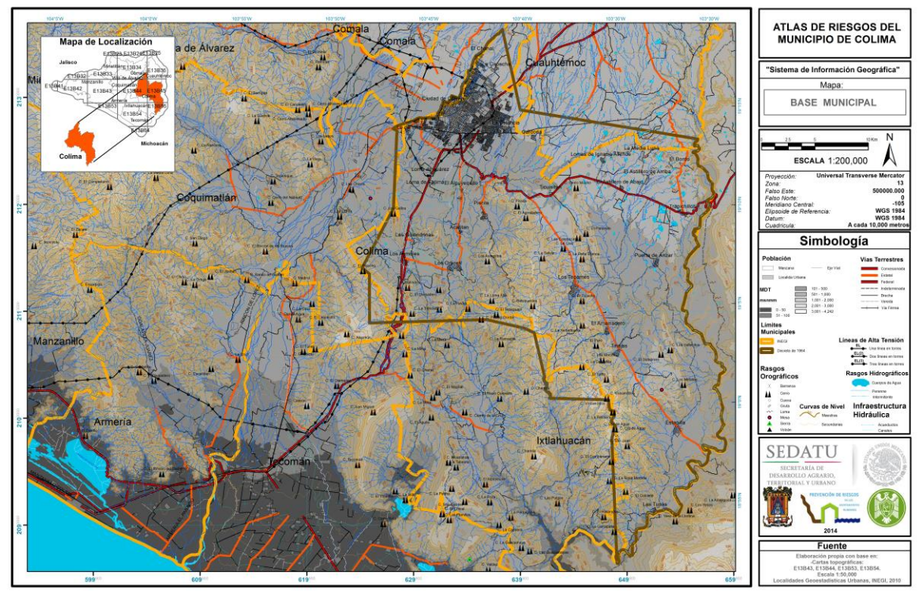


Figura 2.1.- Mapa base del municipio de Colima.

[25] Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México. Estado de Colima. INAFED Instituto para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. SEGOB, 2010, en: http://www.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM_Colima .
[26] Cálculos del INAFED con base en INEGI. *Censo de Población y Vivienda 2010.*

La clasificación del municipio según el tamaño de sus localidades[27] es de Urbano Grande, lo que significa que más del 50% de la población reside en localidades entre 100 mil y menos de un millón de habitantes. Su densidad de habitantes es de 196.89 (hab/km^2), lo que equivale al 22.58% de población con respecto al estado.[28]

Tal y como lo establece la metodología de SEDATU[29], el mapa base será construido a partir de las cartas topográficas del INEGI. Sin embargo, sabemos que este mapa presenta contradicciones con lo establecido en el Programa Municipal de Ordenamiento Territorial (PMOT, 2012), en dónde los límites municipales son distintos a los que considera INEGI en su cartografía. Esta es la razón por la que en este proyecto también se incorporarán los límites municipales establecidos en el PMOT.[30]

2.2 DETERMINAR LAS ESCALAS A UTILIZAR POR FENÓMENO PERTURBADOR

En el municipio de Colima podemos encontrar casi todos los fenómenos geológicos que la SEDATU recomienda analizar en su metodología llamada “Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo 2014”.

2.2.1 Fenómenos geológicos

En la Tabla 2.1 se muestran los fenómenos geológicos que la SEDATU recomienda analizar para determinar si en el pasado han afectado a la zona de estudio (municipio de Colima) o es posible que ocurra. En la columna “nivel de análisis” indica aquellos fenómenos que serán estudiados y hasta qué nivel de análisis se abordará. Las amenazas que aplican para la zona de estudio se indican con un nivel de análisis.

Dentro de las amenazas a la población o a la infraestructura del municipio de Colima, se analizarán prácticamente todas, con excepción de: “Tsunamis”.

Tabla 2.1.- Fenómenos Geológicos que la SEDATU recomienda analizar en la zona de estudio.

Fenómenos Geológicos			
Tipo		**Nivel de Análisis**	**Escala de representación**
1	Vulcanismo	2	1:50, 000
2	Sismos	2	1:50, 000
3	Tsunami	N/A	1:50, 000
4	Inestabilidad de Laderas	2	1:20, 000
5	Flujos	2	1:20, 000
6	Caídos o Derrumbes	2	1:20, 000

[27] El INAFED construyó una clasificación de municipios según el tamaño de sus localidades, basándose en estudios del PNUD e INEGI.
[28] INEGI, 2010.
[29] Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo 2014. SEDATU.
[30] Basado en el Decreto No. 146 del H. Congreso del Estado de Colima, con fecha 25 de septiembre de 1964. Según la última reforma P.O., Tomo 98, Colima, Col., sábado 21 de diciembre del año 2013; núm. 65, pág. 18.

Fenómenos Geológicos			
Tipo		Nivel de Análisis	Escala de representación
7	Hundimientos	1	1:20, 000
8	Subsidencia	1	1:20, 000
9	Agrietamientos	1	1:20, 000

2.2.2 Fenómenos hidrometeorológicos

En el municipios de Colima serán estudiados todos los fenómenos recomendados por la SEDATU que se presentan en la zona de estudio. Las escalas gráficas de los productos serán en su mayoría de 1:50,000 por la misma naturaleza de los fenómenos, sin embargo en algunos fenómenos y zonas serán utilizadas escalas menores.

La Tabla 2.2, muestra los fenómenos hidrometeorológicos que la SEDATU recomienda analizar para determinar si en el pasado han afectado la zona de estudio (municipio de Colima) o es posible que ocurra. En la columna “nivel de análisis” indica aquellos fenómenos que serán estudiados (todos para el caso del municipio de Colima) y hasta qué nivel de análisis se abordarán. Las amenazas que aplican para la zona de estudio se indican con un nivel de análisis.

Tabla 2.2.- Fenómenos Hidrometeorológicos que la SEDATU recomienda analizar en la zona de estudio.

Fenómenos Hidrometeorológicos			
Tipo		Nivel de Análisis	Escala de representación
1	Ondas Cálidas y Gélidas	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	Tormenta de Nieve	1	1:50,000
6	Ciclones Tropicales	2	1:50,000
7	Tornados	1	1:50,000
8	Tormentas de Polvo	N/A	1:50,000
9	Tormentas Eléctricas	2	1:20,000
10	Lluvias Extremas	2	1:20,000
11	Inundaciones	2	1:20,000

2.3 DETERMINAR EL NIVEL DE ANÁLISIS A UTILIZAR

2.3.1 Fenómenos geológicos

Vulcanismo.- El mapa resultante para este fenómeno se presentará en escala gráfica 1: 50,000 sin embargo en caso de ser necesario se exhibirán en una escala mayor de 1:20,000. Será analizado hasta el nivel 2 de la metodología de la SEDATU apoyado de la metodología del CENAPRED (Martínez *et al*. 2006).

Sismo.- La sismicidad será estudiada en el municipio de Colima hasta el nivel 2 utilizando la metodología de la SEDATU, también será utilizada la metodología del CENAPRED (Gutiérrez, 2006) para complementar el estudio. La escala de representación gráfica general será de 1: 50,000 sin embargo en algunas zonas será necesario trabajar con escalas 1:20,000.

Inestabilidad de laderas.- Este fenómeno requiere hacer visitas a campo por lo que recurriremos a la metodología del CENAPRED (Mendoza *et al*. 2006) para aprovechar el estándar de las fichas técnicas que éste recomienda y así llegar hasta el nivel de análisis 2 de la metodología de la SEDATU. La escala a la cual se representará este fenómeno será de 1:20,000.

Flujos.- Para el estudio de este fenómeno se utilizará la metodología de la SEDATU (nivel 2) y la del CENAPRED (Mendoza *et al*. 2006) y la escala utilizada será 1:20,000 en caso de ser necesario especificar mayor detalle de la zona.

Caídos o Derrumbes.- El fenómeno será estudiado hasta el nivel 2 de la metodología de la SEDATU apoyada por la del CENAPRED (Mendoza *et al*. 2006) y una escala gráfica de 1:20,000.

Hundimientos.- Aquí será necesario utilizar una escalara de representación de 1:50,000 del fenómeno a nivel municipio y 1:20,000 o menor en caso de ser necesario, para sitios específicos. El nivel al cual se analizará este fenómeno es de 1 basado en la metodología de la SEDATU y la del CENAPRED.

Subsidencia.- Este fenómeno será analizado hasta el nivel 1 de la metodología de la SEDATU pero también usaremos la del CENAPRED (Mendoza *et al*. 2006) como apoyo. El producto final estará representado en escala gráfica de 1:20,000.

Agrietamientos.- El nivel de estudio alcanzado para este fenómeno será de 1 según la metodología de la SEDATU, también nos apoyaremos de la metodología del CENAPRED (Mendoza *et al*. 2006) y la escala gráfica del producto final de 1:20,000 incluso menor donde sea necesario.

2.3.2 Fenómenos hidrometeorológicos

Ondas cálidas y gélidas.- El nivel de análisis que se profundizará en este fenómeno es 1 según la metodología de la SEDATU, también utilizaremos la del CENAPRED (Jiménez Espinosa *et al*. 2012) y la escala gráfica del producto final será de 1:50,000 incluso a mayor 1:20,000 en caso de ser necesario.

Sequías.- Se usarán las metodologías de la SEDATU (Nivel 1) y CENAPRED (Jiménez Espinosa *et al*. 2012) para estudiar este fenómeno y la escala gráfica será de 1:50,000 incluso 1:20,000 en zonas específicas.

Heladas.- Para este fenómeno será usada la metodología de la SEDATU (nivel 1) y CENAPRED (Jiménez Espinosa *et al*. 2012). La escala gráfica que se usará para representar el producto final será de 1:50,000 incluso 1:20,000.

Tormentas de granizo.- Este fenómeno será estudiado utilizando la metodología de la SEDATU hasta el nivel 1 y la del CENAPRED (Jiménez Espinosa *et al*. 2012) la escala gráfica será de 1:50,000 incuso mayor a 1:20,000.

Tormentas de nieve.- Aquí será utilizada la metodología de la SEDATU (Nivel 1) y CENAPRED (Jiménez Espinosa *et al*. 2012). La escala gráfica será de 1:50,000 incluso 1:20,000.

Ciclones Tropicales.- Este fenómeno será estudiado combinando las metodologías que proponen la SEDATU (nivel 2) y el CENAPRED (Fuentes Mariles *et al*. 2006). La escala gráfica de este fenómeno será 1:250,000 para poder apreciar todo el municipio y mosaicos de 1:50,000 y 1:20,000.

Tornados.- Este fenómeno se estudiará hasta el nivel 1 de la metodología de la SEDATU, también nos apoyaremos de la metodología del CENAPRED (Jiménez Espinosa *et al*. 2012). La escala en la cual se presentarán los resultados finales será de 1:50,000 incluso 1:20,000.

Tormentas Eléctricas.- Las tormentas eléctricas se presentarán en escala 1:20,000 y se usará la metodología de la SEDATU hasta el nivel 2 y la del CENAPRED (Jiménez Espinosa *et al*. 2012).

Lluvias extremas.- Este fenómeno se analizará principalmente con la metodología de la SEDATU y utilizará una escala gráfica de 1:20,000.

Inundaciones.- Para las inundaciones utilizaremos la metodología de la SEDATU (Nivel 2) y la del CENAPRED (Salas, 2011). La escala gráfica de los datos finales será de 1:20,000.

HOJA EN BLANCO

Capítulo 3. CARACTERIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL MEDIO NATURAL

3.1 FISIOGRAFÍA[31]

En la entidad se encuentran dos provincias fisiográficas:

1) La del Eje Neovolcánico, que se extiende en los estados de Jalisco, Michoacán, Colima, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, México, Puebla, Veracruz, Tlaxcala y el Distrito Federal. Asimismo, la Provincia del Eje Neovolcánico presenta varias subprovincias y una de ellas se encuentra en el Estado de Colima y se le denomina subprovincia de los volcanes de Colima. El municipio se localiza parcialmente inmerso en la parte norte del estado y cubre parte de los municipios de Colima, Villa de Álvarez, Comala y una pequeña parte de Coquimatlán, y casi todo el municipio de Cuauhtémoc. Esta subprovincia ocupa el 16.03% de la superficie estatal. Al estado corresponde la ladera sur del Volcán de Colima, dentro del área comprendida entre el arroyo La Lumbre en el oeste y la barranca del Muerto en el este (SEDUR).[32]
2) El otro segmento del municipio se localiza dentro de la provincia de la Sierra Madre del Sur y que se distribuye específicamente en dos subprovincias de este segmento que abarca parte de los estados de Jalisco, Colima, Michoacán, México, Morelos, Puebla, Oaxaca, Veracruz y todo el estado de Guerrero. La provincia se divide en dos subprovincias denominadas Sierra de la Costa de Jalisco y Colima y la Cordillera Costera Sur, esta última está ocupada por parte del municipio de Colima. En el estado de Colima esta subprovincia ocupa el 16.03% de la superficie del estado. La cordillera Costera presenta dos condiciones. Sierras de cumbres tendidas que ocupan prácticamente la mitad de su superficie y no alcanza alturas mayores de 2,000 m.s.n.m., por otro lado presenta una importante llanura de piso rocoso, algunos valles ramificados y una pequeña zona de lomeríos suaves. La subprovincia abarca los municipios de Ixtlahuacán, parte de los de Colima y Tecomán, pequeñas partes de los de Coquimatlán y Cuauhtémoc (SEDUR).

Las subprovincias que son ocupadas por el estado de Colima son mostradas en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1.- Regiones Fisiográficas del estado de Colima.

Regiones Fisiográficas		**Superficie Estatal**		**Superficie en el municipio de Colima**
Provincias	**Subprovincias**	**(km^2)**	**(%)**	**(km^2)**
Eje Neovolcánico	Volcanes de Colima	885.50	16.03	517.34
Sierra Madre del Sur	Sierras de la Costa de Jalisco y Colima	2,988.99	62.51	NA
	Cordillera Costera del Sur	992.87	16.03	209.71

[31] La realización de este capítulo tiene como base la información del trabajo de la Secretaría de Desarrollo Urbano (SEDUR). Caracterización Ambiental. Descripción del Medio Físico y Natural del Estado de Colima. http://www.sedur.col.gob.mx/ecologia/secciones/caracterizacion.php. Revisada el miércoles 10 de septiembre de 2014.
[32] SEDUR. Secretaría de Desarrollo Urbano. Caracterización Ambiental. Descripción del Medio Físico y Natural del Estado de Colima http://www.sedur.col.gob.mx/ecologia/secciones/caracterizacion.php.

El mapa de fisiografía del municipio de Colima se muestra en la Figura 3.1.

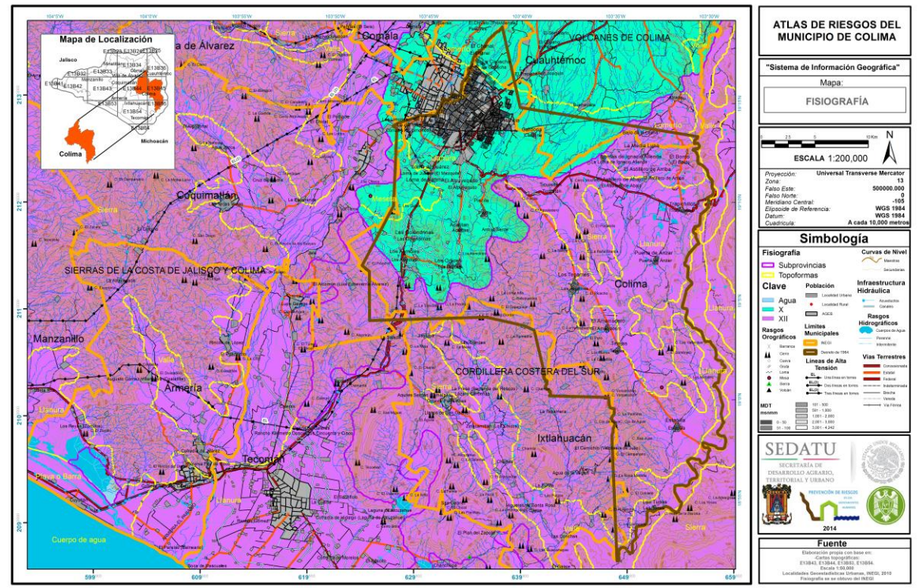


Figura 3.1.- Mapa de fisiografía del municipio de Colima.

3.2 GEOMORFOLOGÍA Y OROGRAFÍA

La estructura orográfica del estado puede ser dividida en forma general en dos sectores principales, el Oriental y el Occidental. El sector oriental presenta las condiciones topográficas más suaves, ya que el 46.7% de su territorio se conforma por llanuras y valles, el 16.8% se conforma por áreas de transición de pendientes moderadas que corresponden al sistema de lomeríos y solamente el 30% se encuentra afectado por pendientes abruptas que caracterizan a las sierras. El sector poniente del estado está constituido en un 76.7% de su superficie en lomeríos y sierras y solamente el 23.8% corresponde a áreas de llanura, valles y mesetas.

Un análisis de pendientes muestra que la región Occidente y Norte del estado tiene condiciones morfológicas más abruptas y escarpadas que la región oriente y sur con topografía más suave y plana.

Aproximadamente el 50% del municipio de Colima es accidentado, principalmente al sur y sureste, donde existe el área cerril más importante. Forma parte de dos subprovincias llamadas Volcanes de Colima y Cordillera Costera del Sur. La sub-provincia Volcanes de Colima abarca la mayor superficie del Valle de Colima, desde la porción Norte y Noroeste hasta la meseta del Cerro de los Gallos.

Desde los pies del Volcán de Fuego de (1,700 m.s.n.m.) se extiende un sistema de lomeríos suaves y descendentes con cañadas que bajan hasta los 1,500 m.s.n.m. Esta zona de lomeríos es de brecha volcánica y dada la disposición radial de las lomas y arroyos, presenta hacia sus periferias áreas planas cada vez más amplias. Las poblaciones de Comala y Cuauhtémoc se encuentran dentro de esta zona. Hacia el Sur se extiende un gran llano y hacia el Oeste una sierra de laderas tendidas y una meseta lávica (SEDUR).

Esta subprovincia comprende las siguientes topoformas:

- Gran Sierra Volcánica Compleja.
- Sierra de Laderas Tendidas.
- Lomeríos con Cañadas.

La masa de rocas que forman la provincia de la Sierra Madre del Sur ocupa la mayoría del territorio municipal por lo que se llama subprovincia de la Cordillera Costera del Sur. Esta ocupa la porción montañosa del sur de nuestro país, tiene mucha relación con la llamada placa de cocos la cual es una gran placa móvil que emerge del fondo del Océano Pacífico, presiona al Oeste y Sureste de las costas, originando una fuerte sismicidad que se registra en esta zona, desde el Sur de Jalisco hasta Oaxaca y Chiapas.

Cuenta con los cerros de Los Mezcales, los Gallos, El Alcomún, Rincón de Galindo, Pistola Grande, Piscila, El Agostadero, La Salvia, Cerro Pelón, Piedra Ancha, Higuera Panda, Amarradero, La Yerbabuena, Peña Blanca, La Cebadilla, Tinajas, El Salto, Los Volcancillos, La Palmera, El Camichín, El Achoque, La Siempreviva, El Borrego y Copala.

Esta subprovincia presenta las siguientes topoformas (SEDUR):

- Sierra de Cumbres Tendidas.
- Lomeríos
- Valle Ramificado
- Llanura de Piso Rocoso

La distribución superficial de topoformas en el municipio de Colima, incluyendo las dos subprovincias fisiográficas queda de la siguiente manera:

Tabla 3.2.- Sistema de topoformas del municipio de Colima.[33]

Provincia	Subprovincia	Sistema de topoformas	Superficie Municipal	
CLAVE	CLAVE	CLAVE NOMBRE	km²	%
Eje Neovolcánico	Volcanes de Colima	Lomerío con Cañadas	451	24
		Meseta	24	1
		Llanura	295	16
Sierra Madre	Cordillera Costera del Sur	Sierra	785	42
		Lomerío	53	3
		Llanura	203	11
		Valle	55	3

[33] Basado en INEGI. Carta Fisiográfica 1 1000 000.

En el municipio de Colima las principales elevaciones son:

Tabla 3.3.- Principales elevaciones en el municipio de Colima.

Nombre	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)
Cerro La Palmera	18°59’	103°35’	1,360
Cerro Salsipuedes	19°05	103°40’	1,220
Cerro El Salto	19°01’	103°36’	1,200
Cerro La Cevadilla	19°02’	103°37’	1,140
Cerro San Juan	19°58’	103°34’	1,120
Cerro La Yerbabuena	19°04’	103°37’	1,060
Cerro La Salvia	19°07	103°39	1,020
Cerro El Agostadero	19°09	103°40	980
Cerro Piscila	19°10	103°40	880
Cerro El Cubilete	19°55’	103°35	820
Cerro Las Calabazas	19°08’	103°37’	800
Cerro la Media Luna	19°05’	103°46’	700
Cerro Los Vallecitos	19°02’	103°33’	640

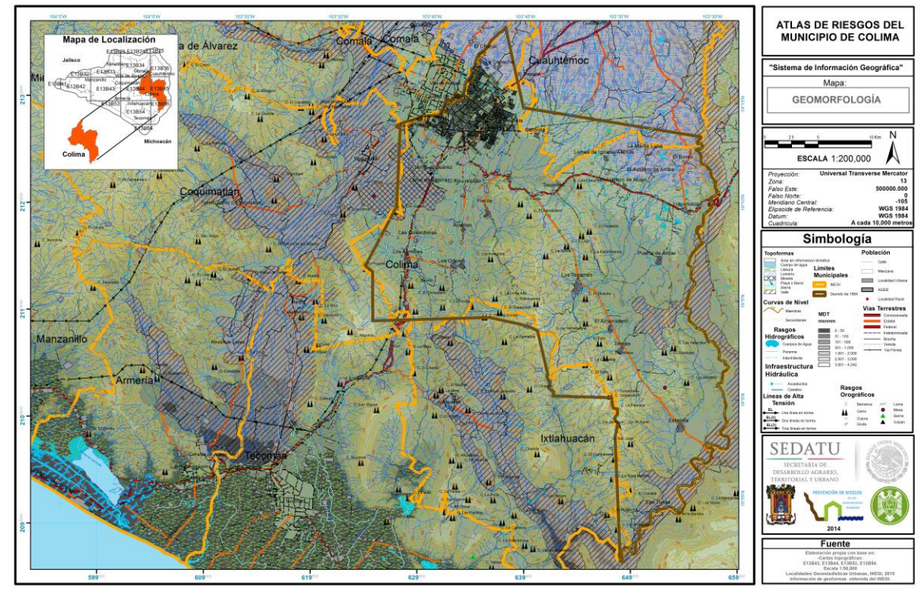


Figura 3.2.- Mapa de geomorfología del municipio de Colima.

3.3 GEOLOGÍA

Geológicamente el estado de Colima presenta un mosaico litológico de rocas vulcano sedimentarias del Cretácico Inferior y Medio así como rocas sedimentarias del Cretácico Medio y Superior. Rocas volcánicas del Terciario y Cuaternario así como rocas plutónicas del Mesozoico y Paleozoico afloran también en diferentes localidades del municipio. La región norte del estado está cubierta principalmente por rocas piroclásticas emitidas por el complejo volcánico, mientras que la región oriental presenta una litología de calizas y depósitos terciarios y cuaternarios provenientes de basaltos. Estos depósitos son localizados en el municipio sobre el que predomina también una tectónica determinada por el proceso de subducción de la Placa de Cocos debajo de la Placa de Norteamérica, generando zonas de extensión como el Graben de Colima y zonas de compresión como la región costera paralela a la Trinchera Oceánica que origina regiones de alta sismicidad.

Un sistema de fallas activas se encuentra sobre el municipio con fallas normales de extensión y compresión principalmente, originando una moderada sismicidad.

El municipio presenta las siguientes topoformas: La ciudad de Colima está construida sobre la llanura aluvial del municipio, lo que la torna vulnerable ante precipitaciones copiosas. Una llanura aluvial, vega o llanura de inundación, es un área sin elevaciones o depresiones prominentes conformado por material no consolidado, transportado y depositado por corrientes de agua que contiene un cauce y que puede ser inundada ante el crecimiento del mismo. Dichas zonas constituyen zonas interesantes para el desarrollo del riego, debido a la topografía favorable como para desviar agua del río hacia cualquier punto de su zona aluvial. Se trata entonces de zonas vulnerables propensas a inundarse.

Asimismo existen en el municipio Llanuras de piso rocoso o cementado; Lomerío de tobas con cañadas; Lomerío típico; Meseta basáltica, Sierra de Cumbres tendidas; Valle de laderas tendidas, y Valle ramificado.

3.3.1 Geología Local[34]

Paleozoico. Aun cuando en el estado de Colima afloran rocas metamórficas del Paleozoico (esquito, gneis de biotita, muscovita y anfibolita), en el municipio de Colima no se detectaron estos depósitos.

Mesozoico. Del Cretácico Inferior, que sobreyace discordantemente a las rocas del Paleozoico, se tienen afloramientos en la parte Centro-Sur de Colima; estas unidades son:

Del Cretácico Inferior se cuenta con afloramientos representados por las unidades que a continuación se relacionan: **Formación Alberca**, del Cretácico Inferior (marino), es la más antigua que aflora en la zona, y consiste de arenisca, lutita fósil y caliza arcillosa, con espesores de 110 a 300 m; **Formación Encino**, del Cretácico Inferior (vulcano sedimentario), constituida por sus miembros: Inferior, formado por una secuencia volcánica y vulcanoclástica, y el Superior formado por una secuencia pelítico-calcérea.

Del Cretácico Medio se cuenta con afloramientos representados por las unidades que a continuación se relacionan: **Formación Vallecitos**, del Cretácico Medio (vulcano sedimentario). Se encuentra descansando discordantemente sobre la **Formación Encino**; se divide en: Miembro tobáceo, de rocas volcánicas y vulcanoclásticas de andesita, toba andesítica, riolita e ignimbrita, y el Miembro calcáreo de caliza arrecifal; la secuencia continúa con la **Formación Tepalcatepec**, del Cretácico Medio (vulcano sedimentario), de facies terrígena, con lutita, limo, arenisca y arenisca tobácea, y facies calcárea, de caliza masiva y arcillosa, y dolomita; le sigue la **Formación Madrid**, del Cretácico Medio (marino), consiste de caliza delgada interestratificada con lutita fósil plegada y cuerpos de yeso en la parte superior; subyace concordantemente a la **Formación Morelos**, del Cretácico Medio (marino), con su Miembro Superior de caliza y dolomía masivas y arrecifales y el Miembro Inferior con cuerpos de yeso y anhidrita.

Del Cretácico Superior continental sus unidades son: **Formación Cerro de la Vieja**, que sobreyace discordantemente a la **Formación Morelos**; y consistente de conglomerado calcáreo de matriz limolítica, conglomerado calcáreo de matriz de lodo calcáreo, limolita y arenisca.

Cenozoico. Consta principalmente de rocas ígneas intrusivas tipo monzonita, diorita y tonalita, rocas volcánicas y productos piroclásticos pliocénicos; del Cuaternario se tiene aglomerado andesítico-basáltico, lava, ceniza brecha, grava, limo y arcilla.

Del último evento magmático del Terciario Inferior se tienen: rocas ígneas intrusivas tipo monzonita, diorita y tonalita, que aparecen en muy pequeños y aislados remanentes en el municipio de Colima. Del terciario Superior continental se tiene la **Formación Colima**, que consta de conglomerados y brechas volcánicas, areniscas, areniscas tobáceas, cenizas y derrames ígneos basálticos derivados del Volcán de Colima; su presencia predomina en el municipio de Colima.

Cuaternario. Se constituye de: **Formación Atenquique**, del Cuaternario volcánico, integrada por derrames andesíticos y riodacíticos cuyos afloramientos se presentan en la porción Norte del municipio de Colima; además de flujos piroclásticos constituidos predominantemente por ceniza volcánica. Del Cuaternario Clástico continental se tienen grava, depósitos de talud, arena, limo, arcilla y aluvión.

[34] La información se obtuvo del Servicio Geológico Mexicano, Inventario Físico de los Recursos Minerales del Municipio de Colima, Estado de Colima. 2007.; Informe geológico minero carta Los Tepames E13-B45 Esc. 1:50000, 2008; Informe geológico minero carta Colima E13-B44 Esc. 1:50000, 2008.

Tabla 3.4.- Geología del municipio de Colima.

TEXTURA	UNIDAD LITOLÓGICA	SUPERFICIE MUNICIPAL (km^2)	SUPERFICIE MUNICIPAL (%)
Qpc	Piroclásticas	428.37	58.95
Qal	Basalto	60.8	8.36
KaceC2	Conglomerado polimíctico - arenisca	91.257	12.55
KapaC2	Calizas	23.65	3.25
TpaeAr	Conglomerado y arenisca	7.23	1.38
KsGrGd	Granito - Granodiorita	10.90	1.45
KaVs	Calizas-lutitas	104.84	75

3.3.2 Sitios de minerales metálicos

Desde el punto de vista económico, el hierro es el que caracteriza los principales yacimientos del estado. En el municipio de Colima existen dos zonas que manejan este mineral en El Jaguar (estudio y exploración) y Piscila 1 (abandonada). El origen de los depósitos de minerales metálicos de hierro va de vulcanogenítico a metasomatismo de contacto.

Prospecto El Jaguar. Ubicado a 21 km al Sureste de la ciudad de Colima, este depósito, denominado como Zalatón durante la elaboración de la Monografía Geológico Minera del estado de Colima, por el Consejo de Recursos Minerales, en 1994, se encontraba inactivo. En el 2006 el concesionario acondicionó aproximadamente 14 km de caminos de acceso desde el poblado de Las Guásimas hasta el sitio. Se trata de un depósito de metasomatismo de contacto que se representa en rocas calcáreas consistentes de caliza y caliza arcillosa, intrusionadas por un cuerpo ígneo de composición granodiorítica (batolito de Tomatlán), que originó en el área la formación de chimeneas o bolsadas de mineral de hierro.

Piscila 1. Este yacimiento se localiza a 11 km al sureste de la ciudad de Colima. Está conformado por caliza, caliza arcillosa, lutita, limolita calcárea y toba andesítica, afectadas por un cuerpo ígneo intrusivo de composición granodiorítica (Batolito de Tomatlán) que posibilito la mineralización de hierro en forma de chimeneas o bolsadas. Está inactivo.

3.3.3 Sitios de minerales no metálicos

En los minerales no metálicos predominaron los depósitos de yeso, seguidos por los de aprovechamiento de caliza que se explotan principalmente para la producción de cal; aunque también se identificaron sitios de ceniza volcánica, calcio y dolomita.

Sedimentarios. Ocurren en rocas del Cretácico Medio.

- **Afloramientos de Caliza**. En el municipio de Colima se tienen afloramientos de caliza en cerro Galindo y cerro Alcomún, al sur de la ciudad de Colima.
- **Yeso**. Los depósitos más representativos ocurren en la parte inferior de la Formación Morelos, como potentes depósitos irregulares; que pueden observarse en Colima, en cerro Galindo, al sur de la cabecera municipal.
- **Dolomita**. Un depósito de este tipo se detectó en el cerro El Puro, al sureste de Colima. Los afloramientos detectados se localizan en el miembro inferior de la Formación Morelos, como cuerpos u horizontes de dolomita.
- **Calcio**. Un yacimiento de este tipo se detectó en el cerro El Puro, al sureste de Colima.

Volcánicos. Corresponden a depósitos de flujos piroclásticos, consistentes predominantemente de ceniza volcánica de color gris, con niveles delgados de vidrio, feldespato y escoria. En el municipio de Colima se encuentran 2 depósitos de este tipo, al sur de la ciudad de Colima.

Mina Los Asmoles. Ubicada a 13.5 km al sur de la ciudad de Colima. Se destina a la explotación de ceniza volcánica color gris en depósitos horizontales, con niveles delgados de vidrio, feldespato y escoria, que han sido depositados en la porción centro del estado de Colima. La Forma del depósito es irregular, presentando pseudo-estratificación horizontal, se estimaron dimensiones de 500 m de longitud, por 500 m de ancho y 20 m de espesor, arrojando un volumen potencial de 5´000,000 de m^3. Podría considerarse que este depósito de ceniza volcánica es uno de los más importantes detectados en el municipio de Colima.

Los Ortices (Tampumachay). A 15 km al sur de la ciudad de Colima, se encuentra situado un depósito de cenizas volcánicas, el cual está constituido por flujos piroclásticos consistentes de ceniza volcánica color gris, en depósitos horizontales con niveles delgados de vidrio, feldespato y escoria. La Forma del depósito es irregular, presentando pseudo-estratificación horizontal. En la zona se estimaron dimensiones de 300 m de longitud, por 300 m de ancho y 15 m de espesor, por lo que se tiene un volumen potencial de 1´350,000 m^3. El yacimiento cuenta con una criba; se extraía únicamente arena.

Yeso Colima (COL-004). Se localiza a 18 km al sur de la ciudad de Colima y cuenta con tres tajos principales de donde se extrae mineral de yeso (tajos Delfín VI), mismo que es procesado en su propia planta adyacente a la mina. Está constituido por una secuencia de potentes cuerpos irregulares de yeso y anhidrita; correspondiendo al miembro inferior de la Formación Morelos y sobreyace la lutita fósil de la Formación Madrid. Las dimensiones del depósito se estimaron en 600 m de longitud, por 900 m de ancho y 40 m de espesor, por lo que se tiene un volumen potencial de 9´600,000 toneladas. Este depósito es de tipo evaporítico y ocurre en forma de mantos.

Mina Calidra de Occidente. Se localiza a 15.5 km al sur de la ciudad de Colima. Se encuentra constituida por una secuencia de potentes cuerpos de caliza masiva arrecifal, correspondiendo al miembro superior de la Formación Morelos, la cual sobreyace a la lutita fósil de la Formación Madrid. Las dimensiones del yacimiento de calcularon de 200 m de longitud, por 200 m de ancho y 40 m de espesor, arrojando un volumen potencial de 1´600,000 toneladas.

Prospecto Cerro El Puro (El Amarradero 2). Localizado a 22 km al sureste de la ciudad de Colima. Este depósito de calcio ocurre de forma tabular, y se encuentra constituido por una secuencia de potentes cuerpos de caliza masiva arrecifal; correspondiendo litológicamente al miembro superior de la Formación Morelos, que sobreyace a la lutita fósil de la Formación Madrid. Las dimensiones del depósito se estimaron en 100 m de longitud, por 50 m de ancho y 10 m de espesor; calculándose un volumen potencial de 50,000 m^3 de mineral de calcio.

Prospecto Cerro El Puro (El Amarradero 1). Localizado a 22km al sureste de la ciudad de Colima. Este depósito de dolomita, ocurre en forma tabular, y se encuentra dentro de una secuencia de potentes cuerpos de caliza masiva arrecifal; correspondiendo al miembro inferior de la Formación Morelos, que sobreyace a la lutita fósil de la Formación Madrid. Se calcularon dimensiones de 400 m de longitud, por 300 m de ancho y 50 m de espesor, arrojando un volumen potencial de 6´000,000 de toneladas de dolomita.

3.3.4 Sitios de agregados pétreos

Los sitios de agregados pétreos (grava, arena, arcilla y balastre), tienen relevancia más por su número y distribución que por su origen.

- **Grava**. Dada la hidrografía del estado de Colima, la presencia de corrientes superficiales que atraviesan la entidad antes de desembocar en el océano pacífico, posibilita el acarreo y depósito temporal de materiales como los cantos rodados, grava y arena, entre otros; y en la gran mayoría de las poblaciones la grava es aprovechada en forma manual, no sólo para utilizarla en la autoconstrucción, sino para el empedrado de calles y banquetas, revestimiento de canales o de tanques de almacenamiento de agua, así como para ornamentación de escuelas, iglesias, parques, etcétera.
- **Arena**. Dependiendo de su composición y granulometría, la arena puede utilizarse en la industria de la construcción en la preparación de concreto y mortero.
- **Arcilla**. Generalmente se utiliza en la industria cerámica, para la fabricación de pisos y lozas cerámicas, elaboración de figuras ornamentales y de porcelana; y en la fabricación de ladrillos y tabiques.
- **Balastre**. Su distribución se detectó en casi todo el estado de Colima, y en la gran mayoría de las poblaciones importantes se tienen un depósito de este tipo. En las márgenes de los ríos y en otras zonas con afloramientos de materiales con alto grado de intemperismo, se han establecido empresas dedicadas a la extracción, transporte y venta de éstos productos.

Mina Guásimas. Localizado a 14 km al sur de la ciudad de Colima, destinado a la explotación de grava y arena, se constituye de material aluvial del Cuaternario, consistente de cantos rodados, grava, arena, limo y arcilla, que han sido depositados en prácticamente todas las planicies y valles de la entidad, y en el caso específico de la zona Guásimas. La forma del yacimiento es irregular, presentando

pseudo-estratificación horizontal y cuenta con infraestructura de maquinaria y equipo; comercializando preferentemente arena, y en menor proporción grava. Se calcularon dimensiones de 500 m de longitud, por 500 m de ancho y 20 m de espesor, lo que arroja un volumen potencial de 5´000,000 de m^3 de grava y arena. Este depósito es uno de los más importantes del municipio de Colima.

Prospecto La Paz. Se ubica a 19 km al sureste de la ciudad de Colima, y se destina a la explotación de arena. Está constituido por material aluvial del Cuaternario, consistente de cantos rodados, grava, arena, limo y arcilla, que han sido depositados en prácticamente todas las planicies y valles de la entidad, y en el caso específico del depósito La Paz, se presentan cubriendo la porción sureste del estado. La forma del depósito es irregular y presenta pseudo-estratificación horizontal. Se calcularon dimensiones de 400 m de longitud, por 400 m de ancho y 10 m de espesor, lo que arroja un volumen potencial de 1´600,000 de m^3 de arena.

Prospecto Lo de Villa 1. Se ubica a 5 km al sureste de la ciudad de Colima, está constituido por material aluvial del Cuaternario, consistente de cantos rodados, grava, arena, limo y arcilla, que han sido depositados en prácticamente todas las planicies y valles de la entidad, y en el caso específico del depósito Lo de Villa 1, se presentan cubriendo la porción sureste del estado. La forma del depósito es irregular y presenta pseudo-estratificación horizontal. Se calcularon dimensiones de 200 m de longitud, por 300 m de ancho y 5 m de espesor, lo que arroja un volumen potencial de 300,000 de m^3 de arcilla.

Prospecto Las Golondrinas. Ubicado a 12 km al sur de la ciudad de Colima. Su litología consiste de caliza arcillosa, intercalada con limolita, arenisca y conglomerado calcáreo correspondientes a la Formación Cerro La Vieja, del Cretáceo Superior. La forma del depósito de balastre es irregular, presentando estratificación con inclinaciones de 35° a 45°. Se calcularon dimensiones de 500 m de longitud, por 300 m de ancho y 30 m de espesor, arrojando un volumen potencial de 4´500,000 m^3.

Mina Piscila II. Se encuentra a 8 km al sureste de la ciudad de Colima. El depósito consiste de caliza arcillosa, intercalada con limolita, arenisca y conglomerado calcáreo correspondientes a la Formación Cerro La Vieja, del Cretáceo Superior. La forma del depósito de balastre es irregular, se calcularon dimensiones de 300 m de longitud, por 300 m de ancho y 20 m de espesor, arrojando un volumen potencial de 1´800,000 m^3.

Prospecto Acatitán 3. Se encuentra a 16 km al sur de la ciudad de Colima. El depósito consiste de caliza arcillosa, intercalada con limolita, arenisca y conglomerado calcáreo correspondientes a la Formación Cerro La Vieja, del Cretáceo Superior. La forma del depósito de balastre es irregular, presentando estratificación predominantemente horizontal. Se calcularon dimensiones de 600 m de longitud, por 500 m de ancho y 20 m de espesor, arrojando un volumen potencial de 6´000,000 m^3.

Prospecto Tepames 2. Se encuentra a 20 km al sureste de la ciudad de Colima. El depósito consiste de caliza arcillosa, intercalada con limolita, arenisca y conglomerado calcáreo correspondientes a la Formación Cerro La Vieja, del Cretáceo Superior. La forma del depósito de balastre es irregular, presentando estratificación predominantemente horizontal. Se calcularon dimensiones de 300 m de longitud, por 300 m de ancho y 15 m de espesor, arrojando un volumen potencial de 1´350,000 m^3.

Prospecto Jilotupa 1. Se encuentra a 19 km al sur de la ciudad de Colima. El depósito consiste de caliza arcillosa, intercalada con limolita, arenisca y conglomerado calcáreo correspondientes a la Formación Cerro La Vieja, del Cretáceo Superior. La forma del depósito de balastre es irregular, presentando estratificación que va de ligeramente inclinada a horizontal. Se calcularon dimensiones de 200 m de longitud, por 200 m de ancho y 20 m de espesor, arrojando un volumen potencial de 800,000 m^3.

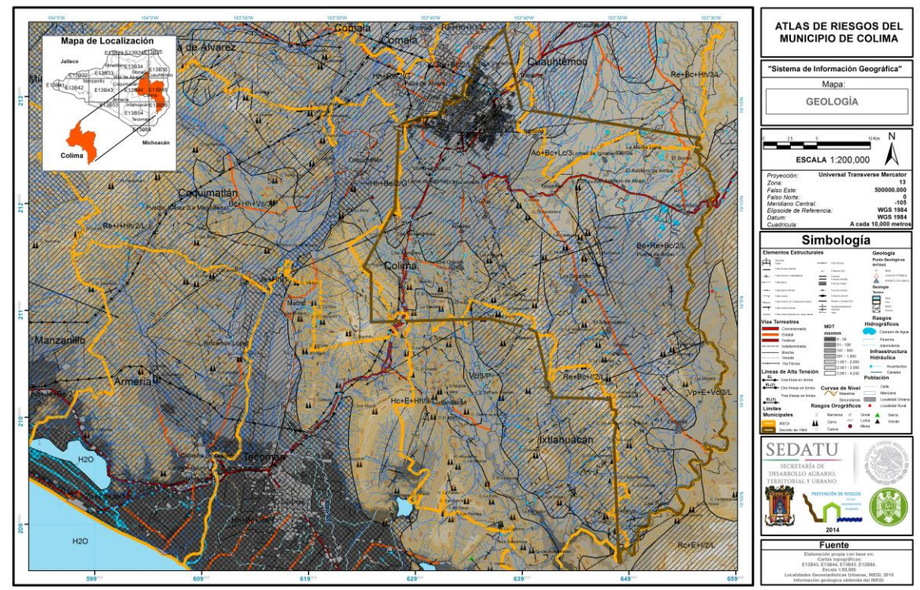


Figura 3.3.- Mapa de geología del municipio de Colima.

3.4 EDAFOLOGÍA

En el municipio de Colima, los suelos son, en su mayoría, arcillosos que presentan características pedregosas o líticas, y el litoral o suelo de piedra tiene una profundidad de 10 cm, lo que limita la actividad agrícola o el uso de maquinaria. En el municipio existen también terrenos suaves y ricos en materia orgánica, con capa superficial oscura, los cuales son aptos para el uso de la agricultura y de maquinaria agrícola.

El 34% del municipio está cubierta por Vertisoles, el 25.4% por Phaeozems y el 21.5% por Leptosoles, mientras que solo el 8% está cubierta por Luvisoles y el 6.8% por Regosoles.[35] El Cambisol y Fluvisol sólo están presentes en el (0.01%) respectivamente.

Un Vertisol es aquel suelo en donde hay un alto contenido de arcilla expansiva conocida como montmorillonita[36] que forma profundas grietas en los periodos secos. Las expansiones y contracciones alternativas causan auto-mulching, donde el material del suelo se mezcla consistentemente entre sí, causando suelos con un horizonte A extremadamente profundo y sin horizonte B. Esto también produce un ascenso de material interno a la superficie creando microrrelieves conocidos como gilgai. Los Vertisoles se forman típicamente de rocas altamente básicas tales como basalto en climas estacionalmente

[35] Programa Municipal de Ordenamiento Territorial de Colima (PMOT). SEDESOL, 2012.
[36] La montmorillonita es un mineral del grupo de los silicatos, subgrupo filosilicatos y dentro de ellos pertenece a las llamadas arcillas. Es un hidroxisilicato de magnesio y aluminio, con otros posibles elementos, en: http://www.webmineral.com/data/Montmorillonite.shtml#.U_ttEcsg86Y. Revisado el 25 de agosto de 2014.

húmedos o sujetos a sequías erráticas y a inundación. En su estado clímax natural, los Vertisoles están cubiertos de pastizales o selvas bajas con praderas ya que su textura pesada e inestable limita el crecimiento forestal. Los Vertisoles son suelos profundos, muy duros cuando están secos y lodosos al mojarse (debido a su alto contenido de arcillas), es decir, que solo pueden trabajarse en un rango de humedad muy estrecho, son extremadamente duros en seco y demasiado plásticos en húmedo, por tanto no se consideran suelos fértiles, sin embargo, con prácticas tecnológicas adecuadas mantienen cultivos con alta productividad.

La contracción y expansión de las arcillas del Vertisol dañan construcciones y carreteras, por lo que no son aptos para ello, a menos que se esté dispuesto a asumir costosas reparaciones periódicamente. Las tierras con Vertisoles son aptas para pastoreo (ganadería), ya que los pastos están ampliamente adaptados a estos tipos de suelo y los animales no sufren daños al caminar o caer sobre las grietas que se forman en la época de secas en estos suelos. Los Vertisoles son aptos, también, para la producción de cultivos que requieren ser inundados, tales como el arroz, esto por su impermeabilidad al saturarse.

Los Phaeozems son, a diferencia de los anteriores, muy fértiles y aptos para el cultivo, si bien son sumamente proclives a la erosión. Se desarrollan sobre todo en climas templados y húmedos. Se forman sobre material no consolidado. Se encuentran con vegetación natural de pastos altos o bosques. Con frecuencia son suelos profundos, oscuros y ricos en materia orgánica, lo que les confiere un alto potencial agrícola; sin embargo, las sequías periódicas y la erosión eólica e hídrica son sus principales limitantes. Se utilizan intensamente para la producción de granos (soya, trigo y cebada, por ejemplo) y hortalizas, y como zonas de agostadero cuando están cubiertos por pastos.[37] La vocación de este suelo es productiva, tanto agrícola, como ganadera y forestal, contar con una superficie de este tipo de suelo bien manejado puede impulsar ampliamente el desarrollo municipal, sin embargo, la ciudad de Colima se encuentra establecida sobre este tipo de suelo, y se está perdiendo una amplia superficie de suelo altamente productivo bajo el crecimiento urbano, lo que genera una mayor cantidad de personas y una menor productividad primaria, que implica mayores costos para la satisfacción de necesidades alimentarias de la población.

Los Leptosoles se caracterizan por su escasa profundidad (menor a 25 cm). Una proporción importante de estos suelos se clasifica como Leptosoles líticos, con una profundidad de 10 centímetros o menos. Otro componente destacado de este grupo son los Leptosoles réndzicos, que se desarrollan sobre rocas calizas y son muy ricos en materia orgánica. En general, son suelos muy delgados, pedregosos y poco desarrollados que pueden contener una gran cantidad de material calcáreo. Son los suelos de más amplia distribución a nivel mundial (mil 655 millones de hectáreas)[38] asociados a sitios de compleja orografía, lo que explica su amplia distribución en México. Estos suelos se encuentran en todos los tipos climáticos (secos, templados, húmedos), y son particularmente comunes en las zonas montañosas y en regiones altamente erosionadas. Su potencial agrícola está limitado por su poca profundidad y alta pedregosidad, lo que los hace difíciles de trabajar. Aunado a ello, el calcio que contienen puede inmovilizar los nutrientes minerales, por lo que es preferible mantenerlos con la vegetación original, o bien, utilizar técnicas agrícolas apropiadas para estas condiciones.

Los Luvisoles es un tipo de suelo que se desarrolla dentro de las zonas con suaves pendientes o llanuras, en climas en los que existen notablemente definidas las estaciones secas y húmedas, este término deriva del vocablo latino lure que significa lavar, refiriéndose al lavado de arcilla de las capas superiores, para acumularse en las capas inferiores, donde frecuentemente se produce una acumulación de la arcilla y denota un claro enrojecimiento por la acumulación de óxidos de hierro. Son suelos que se encuentran sobre una gran variedad de materiales no consolidados, tales como las terrazas aluviales o los depósitos glaciales, eólicos, aluviales y coluviales. Se encuentran dentro de los suelos más fértiles, por lo que su uso agrícola es muy elevado y cubre, por lo general, la producción de granos pequeños, forrajes y caña de azúcar.

Los Regosoles son suelos muy jóvenes, generalmente resultado del depósito reciente de roca y arena acarreadas por el agua; de ahí que se encuentren sobre todo en sierras, donde son acumulados por los ríos que descienden de la montaña cargados de sedimentos. En la categoría de Regosoles se agrupa a los suelos que no pueden ser clasificados dentro de los grupos reconocidos por el Sistema Internacional Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. En general, son suelos muy jóvenes que se desarrollan sobre material no consolidado, de colores claros y pobres en materia orgánica. Se encuentran en todos los climas, con excepción de zonas de permafrost, y en todas las elevaciones, aunque son particularmente comunes en las regiones áridas, semiáridas (incluyendo los trópicos secos) y montañosas. Muchas veces se asocian con los Leptosoles y con afloramientos de roca o tepetate. Las variantes más comunes en el territorio son los Regosoles éutricos y calcáricos que se caracterizan

[37] INEGI. Aspectos generales del territorio mexicano. Recursos Naturales. Edafología. Disponible en: http://mapserver.inegi.org.mx. Fecha de consulta: agosto 2014. También véase el Programa Municipal de Ordenamiento Territorial de Colima (PMOT). SEDESOL, 2012.
[38] Unión Internacional de Ciencias del Suelo (IUSS), 2014.

por tener una capa conocida como ócrica, que cuando se retira la vegetación, se vuelve dura y costrosa lo que impide la penetración del agua hacia el subsuelo y dificulta el establecimiento de las plantas. Esta combinación (escasa cubierta vegetal y baja infiltración de agua al suelo) favorece la escorrentía superficial, y con ello, la erosión.

Rendzina. Del polaco rzedzic: ruido. Connotativo de suelos someros que producen ruido con el arado por su pedregosidad. Estos suelos se presentan en climas semiáridos, tropicales o templados. Se caracterizan por tener una capa superficial abundante en materia orgánica y muy fértil que descansa sobre roca caliza o materiales ricos en cal. Generalmente las rendzinas son suelos arcillosos y poco profundos –por debajo de los 25 cm- pero llegan a soportar vegetación de selva alta perennifolia. Son moderadamente susceptibles a la erosión, no tienen subunidades y su símbolo es (E).[39]

Gleysol Molico (Gm) del ruso gley: pantano. Literalmente, suelo pantanoso. Suelos que se encuentran en zonas donde se acumula y estanca el agua la mayor parte del año dentro de los 50 cm de profundidad, como las llanuras costeras. Se caracterizan por presentar, en la parte donde se saturan con agua, colores grises, azulosos o verdosos, que muchas veces al secarse y exponerse al aire se manchan de rojo. La vegetación natural que presentan generalmente es de pastizal y en algunas zonas costeras, de cañaveral o manglar.

Chernozem Cálcico (Ck). Del ruso cherno: negro; y zemljá: tierra. Literalmente, tierra negra. Suelos alcalinos ubicados en zonas semiáridas o de transición hacia climas lluviosos. En condiciones naturales tienen vegetación de pastizal, con algunas áreas de matorral. Son suelos que sobrepasan comúnmente los 80 cm de profundidad y se caracterizan por presentar una capa superior de color negro, rica en materia orgánica y nutriente, con alta acumulación de caliche suelto o ligeramente cementado en el subsuelo. Se consideran en estado natural un poco más fértiles que los Castañozems. Son moderadamente susceptibles a la erosión y el símbolo en la carta edafológica es (C).

La distribución superficial del tipo de suelo en el municipio de Colima se muestra en la Tabla 3.5 y el mapa edafológico en la Figura 3.4.

Tabla 3.5.- Distribución superficial del tipo de suelo en el municipio de Colima.[40]

Clave	Descripción	Superficie Municipal	
		ha	%
Bh	CAMBISOL HÚMICO	188	0.25
Hh	FEOZEM HAPLICO	16,855	22.80
Be	CAMBISOL EUTRICO	375	0.51
Re	REGOSOL EUTRICO	6	0.01
IC	POBLADO	664	0.90
Lc	LUVISOL CRÓMICO	2,490	3.37
Vc	VERTISOL CRÓMICO	5,772	7.81
Rc	REGOSOL CALCÁRICO	816	1.10
Bc	CAMBISOL CRÓMICO	4,681	6.33
Vp	VERTISOL PÉLICO	20,146	27.25
I	LITOSOL	15,046	20.35

Clave	Descripción	Superficie Municipal	
		ha	%
E	RENDZINA	5,500	7.44
Hc	FEOZEM CALCÁRICO	250	0.34
Gm	GLEYSOL MOLICO	773	1.05
Ck	CHERNOZEM CALCICO (calcárico)	289	0.39
Jc	FLUVISOL CALCÁRICO	77	0.10

[39] INEGI. Unidades y subunidades del subsuelo http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/geografia/publicaciones/guias-carto/edafo/EdafIII.pdf. Fecha de consulta: 01 octubre de 2014
[40] Carta de Edafología de CONABIO.

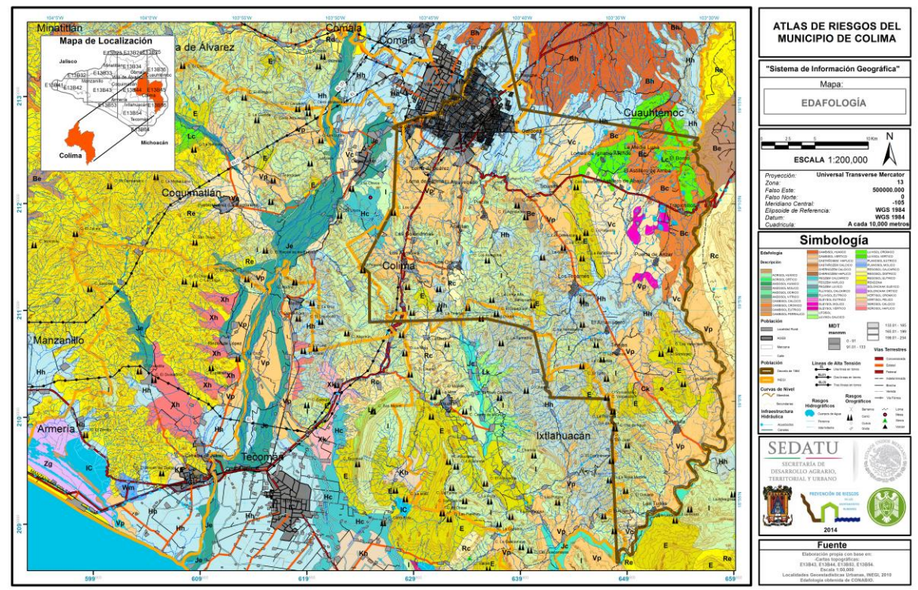


Figura 3.4.- Mapa de edafología del municipio de Colima.

3.5 HIDROLOGÍA

El estado de Colima cuenta con tres escorrentías principales: el río Armería, el río Coahuayana y el río Minatitlán-Marabasco. Los dos últimos constituyen los límites estatales con Michoacán y Jalisco, respectivamente. Se identifican cinco subcuencas principales que cubren el estado: Cuenca Chacala y Cuyutlán que se localizan al Oeste, cuenca Armería en la parte central, y las cuencas Coahuayana y Ámela-Alcuzahue que se localizan en la zona oriental. La cuenca Río Chacala-Purificación se localiza al sureste de la región hidrológica 15, cubriendo parte de Jalisco y Colima, con un área aproximada de 5,439 km^2. El área del estado comprendida en la cuenca es de 2,187.94 km^2 aproximadamente, que equivalen al 39.40% de la superficie estatal.

La cuenca del río Armería es la que tiene mayor aporte al sistema hidrológico en el estado. El área de ésta cuenca en el estado de Colima es de 2,209.16 km^2 equivalente al 39.8 % del territorio colimense.

Otra de las cuencas de mayor influencia en el estado es la del río Coahuayana que está constituida por las cuencas drenadas de los ríos Armería y Tuxpan o Coahuayana. En esta última, el aprovechamiento principal de las aguas superficiales es con fines de riego, y entre los usos secundarios están el doméstico, el acuícola y el pecuario.

En el estado de Colima se pueden considerar cuatro acuíferos subterráneos principales que regulan el sistema subterráneo y superficial, y representan el mayor potencial de abastecimiento en la entidad. El principal suministro de los acuíferos se encuentra localizado en la zona Norte del estado debido a las condiciones petrofísicas de porosidad y permeabilidad de las rocas volcano-sedimentarias sobreyacientes. Los acuíferos subterráneos están abastecidos y regulados también por las principales escorrentías superficiales de la región.

La zona de Cerro Grande es uno de los sitios más importantes para la conservación de biodiversidad en el estado de Colima y la región Suroeste de Jalisco, se encuentra dentro de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán (RBSM), en la Cuenca del río Ayuquila-Armería y se destaca por la ausencia de corrientes superficiales permanentes de agua y la presencia de un sistema de cavernas y

resumideros por los cuales el agua de lluvia se infiltra, y posteriormente emerge en varios puntos llamados resurgencias. Entre las resurgencias más importantes de Cerro Grande, se encuentra el manantial El Cóbano en Zacualpan.[41]

El municipio de Colima cuenta con varios ríos, los más importantes son: El Colima, Salado y Naranjo o Coahuayana. De menor caudal son los arroyos: El Zarco, El Astillero Salitrillos, Cardona y Colomitos; y sólo llevan agua en periodo de lluvia: El Manrique y Tinajas.[42]

La cuidad de Colima se localiza en la subcuenca del río Armería, siendo la cuenca más importante, tanto por su extensión territorial como por su escurrimiento superficial. La ciudad es cruzada por varias corrientes fluviales entre las que destacan el río Colima y los arroyos El Manrique y Pereyra. Estas corrientes son perennes y son cruzadas por las vialidades mediante puentes.

El sistema de abastecimiento de agua potable para la zona conurbada de Colima y Villa de Álvarez, funciona básicamente como sigue: El agua se obtiene de la captación del manantial Zacualpan y de la extracción de una serie de pozos ubicadas dentro de la zona urbana de la conurbación; originalmente el agua se captaba de esos pozos, pero con la puesta en marcha del Acueducto Zacualpan la mayoría de estos pasaron a operar en condiciones de reserva, como apoyo para cuando se presente algún problema de operación o de reparación de alguno de los elementos del propio acueducto, o de los tanques de regulación.

Las principales fuentes de abastecimiento de la ciudad conurbada de Colima y Villa de Álvarez la constituyen aguas del subsuelo, es decir, fuentes subterráneas, siendo la más importante, por el gasto que aporta, el manantial Zacualpan, ubicado en el municipio de Comala a 27.5 km de la ciudad de Colima, además de 28 pozos que surten a la ciudad de Colima y 12 a Villa de Álvarez. La profundidad de los pozos es de entre 100 y 200 m. Para el caso de Villa de Álvarez, se estima que el 85 por ciento de su suministro de agua proviene del Acueducto Zacualpan, y el 15 por ciento restante de los pozos.

El Manantial Zacualpan. Para la zona conurbada se captan 1,000 l/s, que son conducidos por gravedad desde la obra de toma hasta la planta de bombeo, a través de una tubería de acero de 914 mm (36”) en una longitud de 2.1 km aproximadamente, de este punto se bombea hacia el tanque de cambio de régimen, para posteriormente y por gravedad hacerlo llegar hasta la zona conurbada.[43]

[41] B.O.E. 22 de septiembre de 2012, Tomo 97, Núm. 46, p. 2, en: http://148.235.70.104/periodico/peri/22092012/sup03/32092201.pdf, consultado el 29 agosto de 2014.
[42] Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México. Estado de Colima. INAFED Instituto para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. SEGOB, 2010, en: http://www.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM_Colima
[43] Comisión Intermunicipal de Agua Potable y Alcantarillado de los Municipios de Colima y Villa de Álvarez, Abastecimiento, en: http://ciapacov.gob.mx/Organismo/Abastecimiento.php, consultado el 29 de agosto de 2014

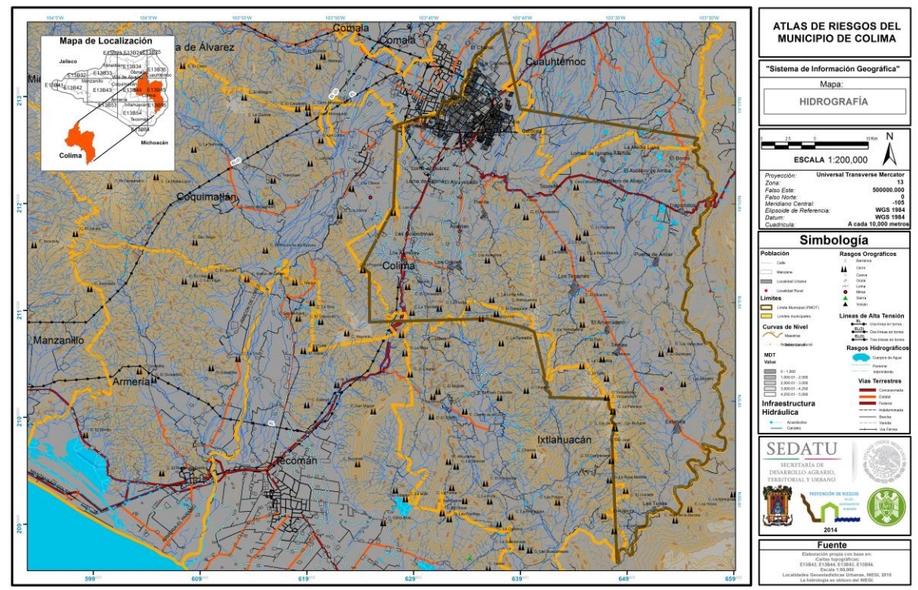


Figura 3.5.- Mapa de hidrografía del municipio de Colima.

3.6 CUENCAS Y SUBCUENCAS

El municipio de Colima se encuentra dentro de la Región Hidrológica 16 (RH16) Armería - Coahuayana, la conforman las Subregiones Hidrológicas río Armería y río Coahuayana. Está ubicada en una zona fisiográfica compleja entre las regiones comprendidas por el eje Neovolcánico, la Sierra Madre del Sur y la Sierra Madre Occidental. Cuenta con una extensión de 17,626.6 km^2, una longitud total de 240 km y un volumen anual de escurrimiento de 2,076 mm^3 anuales (Diario Oficial de la Federación, 2009)[44].

3.6.1 Subregión Hidrológica río Coahuayana.

La Subregión Hidrológica río Coahuayana se encuentra enclavada en la confluencia de dos provincias fisiográficas: La provincia del Eje Neovolcánico y la provincia de la Sierra Madre del Sur. Dentro de la provincia del Eje Neovolcánico, la subregión nace en la sub-provincia de Jalisco y atraviesa la sub-provincia Volcanes de Colima. En Colima es parte de la sub-provincia Sierra de las Costas de Jalisco y Colima.

[44] Cuencas hidrológicas con su disponibilidad media anual de aguas superficiales publicada (Actualización al 31 de diciembre de 2009).

Se ubica en el occidente de la República Mexicana, ocupa parte del estado de Jalisco, parte del estado de Colima y una pequeña porción del estado de Michoacán de Ocampo. Está comprendida entre los meridianos 102º 56' y 104º 35' de longitud Oeste y los paralelos 18º 40' y 20º 29' de latitud Norte (Diario Oficial de la Federación, 2009).

El área de esta subregión hidrológica, es de 7,894.9 km^2, limita al Norte con las Regiones Hidrológicas números 12 Lerma-Santiago y 14 Río Ameca, al Este con la Región Hidrológica número 18 Balsas, al Oeste con la Cuenca Hidrológica Armería y por último al Sureste con la Región Hidrológica número 17 Costa de Michoacán y el Océano Pacífico (Diario Oficial de la Federación, 2009).

Cuenca río Coahuayana.- El río Coahuayana conduce un caudal considerable la mayor parte del año y su cuenca ocupa una superficie de 665.722 km^2 de la entidad, desde su nacimiento hasta su desembocadura en Boca de Apiza, al norte de la Bahía de San Telmo, recorre una distancia aproximada de 152 km. Tiene como subcuencas intermedias al río Coahuayana y a las lagunas Alcuzahue y Ámela (U. de C., Dirección General de Estudios Estratégicos).

3.6.2 Subregión hidrológica río Armería

La cuenca del río Armería se localiza al suroeste de la región hidrológica 16 (RH16), ocupa una superficie de 9,902 km^2 comprende parte de los estados de Jalisco y Colima. El área comprendida dentro del estado de Colima se localiza al sur de la cuenca y tiene una superficie total de 2,209.16 km^2 o sea, 40.49% del territorio colimense.

El río Armería nace en la sierra de Cacoma (estado de Jalisco) a 1,800 m.s.n.m. y por la unión de tres ríos que son Tuxcacuesco, o El Cópula, Jalapa o San Juan y El Ayuquila o Sacalapa; recorre un trayecto de 294 km aproximadamente, desde su nacimiento hasta desembocar en Boca de Pascuales, en el Océano Pacífico (INEGI, 1995).

En resumen la Región Hidrológica 16 Armería-Coahuayana, se divide en dos cuencas (Figura 3.6):

- Río Coahuayana: Se divide en dos subcuencas río Coahuayana y Laguna de Alcuzahue.
- Río Armería.

El municipio de Colima ocupa superficialmente un 18.1 % de la subcuenca del río Coahuayana, un 15.36% de la subcuenca Laguna de Alcuzahue, y un 5.15% de la subcuenca de río Armería (Tabla 3.6).

Tabla 3.6.- Cuencas y Subcuencas.

REGIÓN		CUENCA		SUBCUENCA		Superficie de subcuenca en el municipio (%)
Clave	Nombre	Clave	Nombre	Clave	Nombre	
RH16	Armería - Coahuayana	A	Río Coahuayana	c	Río Coahuayana	18.1
				d	Laguna de Alcuzahue	15.36
		B	Río Armería	a	Río Armería	5.15

3.6.3 Microcuencas en el municipio de Colima

En el municipio de Colima, se tiene influencia de 12 microcuencas, las cuales son las siguientes (Diagnóstico y Plan Municipal de Desarrollo Sustentable 2009):

- Astilleros
- El Hervidero
- Puerta de Ánzar
- Estapilla
- La Estancia
- Tepames
- Las Guásimas
- Las Tunas
- Tinajas
- Piscila
- Los Asmoles
- Trapichillos

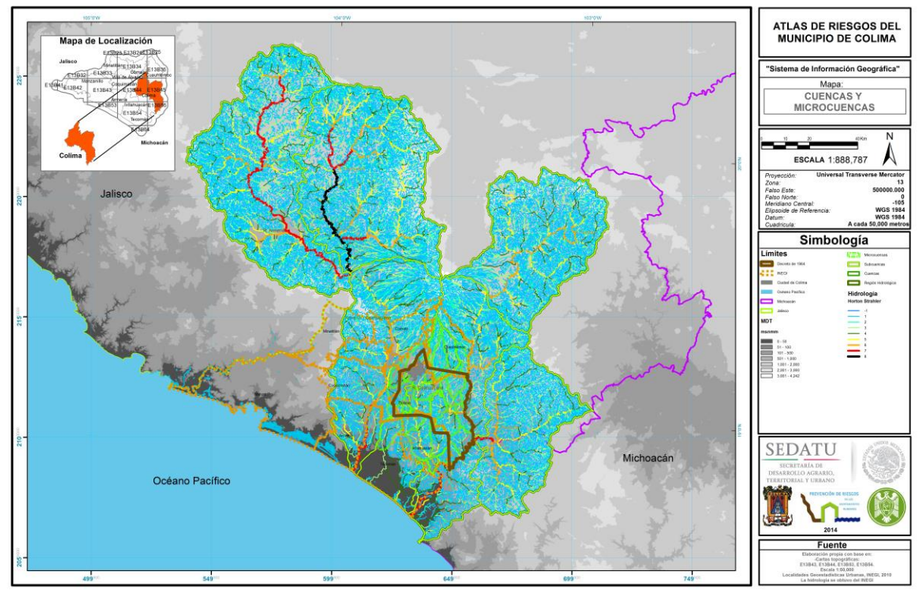


Figura 3.6.- Mapa de las cuencas río Armería y río Coahuayana que pertenecen a la región hidrológica 16.

3.7 CLIMA

El municipio de Colima se encuentra situado en una región donde su tipo de clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano. La mayor parte de territorio es de los menos húmedos de los cálidos subhúmedos, una zona hacia el Norte rumbo al Chanal es de los húmedos intermedios y hacia más Norte es el más húmedo.

Tabla 3.7.- Tipos de climas en el municipio de Colima

TIPO O SUBTIPO	SÍMBOLO	SUPERFICIE MUNICIPAL (km^2)	SUPERFICIE MUNICIPAL (%)
CÁLIDO SUBHÚMEDO CON LLUVIAS EN VERANO, DE MAYOR HUMEDAD	A(W2)	5.35	0.74
CÁLIDO SUBHÚMEDO CON LLUVIAS EN VERANO, DE HUMEDAD MEDIA	A(W1)	21.43	2.95
CÁLIDO SUBHÚMEDO CON LLUVIAS EN VERANO, DE MENOR HUMEDAD	A(W0)	700.27	96.32

3.7.1 Precipitación

El municipio de Colima cuenta con 6 estaciones meteorológicas alrededor o dentro de su territorio, cada una de ellas tienen registros de diferentes periodos de tiempo, en la siguiente tabla se muestran el nombre, periodo del registro de la información y los años más secos y más lluviosos para el municipio de Colima.

Tabla 3.8.- Estaciones Meteorológicas del municipio de Colima[45].

ESTACIÓN	PERIODO	PRECIPITACIÓN PROMEDIO (mm)	PRECIPITACIÓN DEL AÑO MÁS SECO (mm)	PRECIPITACIÓN DEL AÑO MÁS LLUVIOSO (mm)
Colima (Costeño)	1950 a 2013	884.9	498.5	1268.8
Observatorio de Colima	1967 a 2001	997.1	382.6	1792.4
Tepames	1948 a 2013	766	210.13	1322
Los Ortices	1963 a 2013	663.8	346.3	1320.7
Trapichillos	1987 a 2001	1180.6	883.2	1747.9
Estapilla	1965 a 2013	649.1	388.9	1137.5

El municipio presenta precipitaciones que van desde los 451.605 mm hasta más de los 1,431.4 mm anuales bajo un régimen completamente de verano. La mayor parte del municipio se cubre por lluvias anuales de 766 mm a 1, 180.6 mm. Los meses más lluviosos son junio, julio, agosto, septiembre y octubre; donde se concentra cerca del 90.35% del total de las lluvias anuales, mientras que los meses con lluvia moderada son noviembre, diciembre, enero y mayo; por último, los meses más secos del año, son febrero, marzo y abril (esta modificado pero estaba arriba repetido en precipitación).

La precipitación máxima en 24 horas es de 140 mm en la mayor parte del territorio municipal, mientras que 160 al Sur de la ciudad de Colima; 120 mm al Este de la ciudad y al Norte de 80 a 100 mm.

En el municipio de Colima llueve de 50 a 80 días al año de un total de 40 a 90 días en el estado de Colima. De 50 a 60 días de lluvia al año cubre la mayor parte del municipio. La zona donde más llueve es la ciudad de Colima y sus cercanías así como Trapichillos con 70 y 80 días respectivamente.

3.7.2 Temperatura

La temperatura máxima en el municipio de Colima es de 33°C a 41°C. La mayor parte del lado oeste del municipio la temperatura máxima es de 36°C, mientras que la mayor parte del Este es 39°C. El Trapichillos es donde la temperatura sube hasta 39°C.

La temperatura media en al municipio de Colima es de 24°C hacia Sureste y de 28°C al centro mientras que al Noroeste es de 20°C.

La temperatura mínima en el municipio de Colima va desde 6°C a 18°C. En el lado Oeste del centro del municipio la temperatura mínima oscila entre 15°C a 18°C y al este del mismo oscila entre 6°C y 9°C.

[45] Comisión Nacional del Agua del Estado de Colima.

3.7.3 Evapotranspiración

La evaporación en el municipio de Colima es de 1,500 a 2,100 mm. La zona donde más evaporación existe es al Sur de la ciudad de Colima con 2,100 mm y donde menos hay es al Sureste de con 1,500 mm.

3.7.4 Fenómenos climatológicos regionales y locales que inciden en la zona

En el municipio de Colima se presentan con regularidad precipitaciones a consecuencia de la presencia de ciclones tropicales en la costa del Océano Pacífico. Estas precipitaciones en ocasiones provocan encharcamientos y desbordamiento de ríos principalmente en ciudad de Colima.

Según el registro de trayectorias de ciclones tropicales que tiene el servicio meteorológico nacional desde 1949 a 2013 en el municipio de Colima sólo ha cruzado un fenómeno de esta naturaleza. Fue en 1972 llamado Annette de categoría tormenta tropical.

También se presenta en algunas ocasiones tormentas eléctricas y vientos.

3.7.5 Humedad Relativa

La humedad relativa media mensual es de 67%, durante el mismo periodo los registros del Servicio Meteorológico Nacional para los meses de julio a septiembre se incrementa la humedad relativa y baja sus mínimos entre los meses de marzo a mayo.

El valor promedio anual de humedad relativa es de 67%, siendo septiembre el mes más húmedo. La menor humedad se presenta en abril.

Según datos de Ochoa la máxima humedad se presenta entre las 17:00 y las 10:00 horas entre los meses de junio a noviembre con un promedio de 80 a 100%; el lapso menos húmedo del año se presenta de las 12:00 a las 16:00 horas entre los meses de enero a abril y de noviembre a diciembre con un promedio de 20 a 40%.

3.7.6 Vientos locales[46]

Los vientos locales dominantes están regidos por la brisa del mar en el día y la brisa nocturna desde el continente (Terralito), las cuales obedecen a diferencias térmicas entre el océano y el continente. La Influencia de los sistemas tropicales tales como huracanes, tormentas tropicales, depresiones o perturbaciones tropicales, tienen una influencia regional, no sólo en la porción de las planicies costeras, sino también en las áreas montañosas. Estos fenómenos meteorológicos son lo que ocasionan los vientos más violentos, los cuales llegan a alcanzar velocidades de 180 km/h, con rachas de 220 km/h.

En la temporada calurosa, la humedad correspondiente a los meses de junio a septiembre que es cuando se necesita ventilación prácticamente todo el día, los vientos dominantes importantes proceden del Sur-Suroeste (17% de las horas de viento), los vientos del Sur (7% de las horas de viento) y los vientos del Este-Noreste (5% de las horas del viento).

En temporada calurosa moderada se requiere ventilación al medio día y horas cercanas, por consiguiente los vientos afortunadamente son más fuertes en ese lapso y proceden del Sur- Suroeste (13% de las horas de viento) y los vientos del Sur (10% de las horas de viento).

[46] Ochoa Ramírez, Alejandro. 2002. Tesis de Maestro en Ciencias. Criterios bioclimáticos para la planificación urbana. Caracterización de dos entornos urbanos de la ciudad de Colima. Universidad de Colima.

En temporada calurosa seca se requiere ventilación al medio día y horas cercanas, por consiguiente los vientos afortunadamente son más fuertes en ese lapso y proceden del Sur- Suroeste (16% de las horas de viento) y los vientos del Sur (8% de las horas de viento).

En temporada calurosa semi-fresca se requiere ventilación y ligera humidificación al medio día y horas cercanas, por consiguiente los vientos afortunadamente son más fuertes en ese lapso y proceden del Sur-Suroeste (10% de las horas de viento), los vientos del Sur (6% de las horas de viento) y los vientos del Suroeste (3% de las horas de viento).

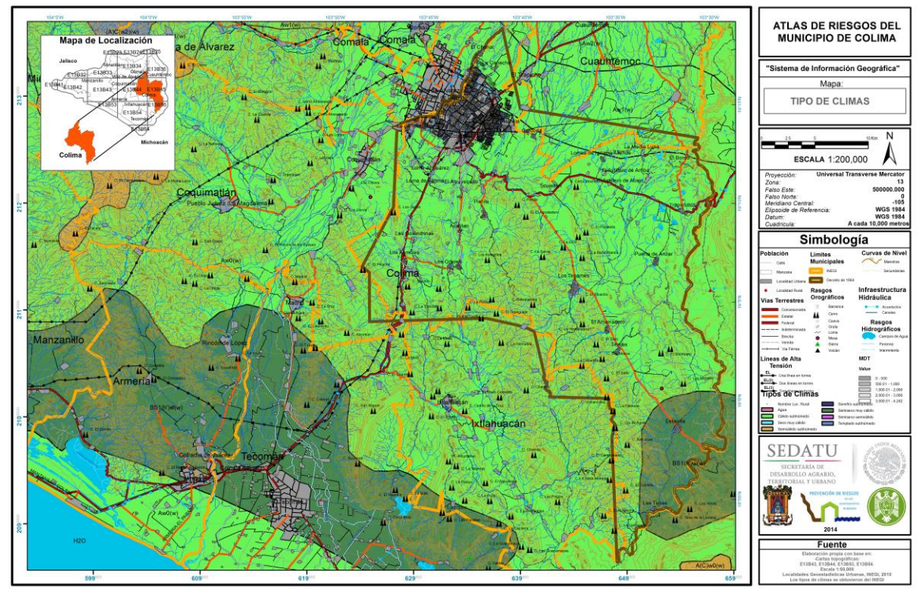


Figura 3.7.- Mapa de tipos de climas en el municipio de Colima.

3.8 USO DEL SUELO Y VEGETACIÓN

El municipio de Colima ofrece diversas características físicas que impiden o limitan el uso agrícola de la superficie o utilización de maquinaria agrícola. La fase pedregosa o lítica se refiere a la existencia de piedras mayores de 7,5 centímetros de diámetro y la segunda consiste en la presencia de rocas al menos de 50 centímetros de la superficie que limitan la profundidad de la capa agrícola. Existen también suelos arcillosos que presentan las características pedregosa o lítica, y el litoral o suelo de piedra que tiene una profundidad de 10 centímetros. En varios lugares del municipio hay también terrenos suaves y ricos en materia orgánica, con capa superficial oscura (feasenháplico), los cuales son aptos para el uso de maquinaria agrícola.

La agricultura de riego más importante se encuentra en la parte oeste del municipio, en la meseta de Los Asmoles, Las Golondrinas y Los Ortices, que forman la última depresión escalonada del Valle de Colima y recibe los beneficios del Canal de Colima procedente de la derivadora "Peñitas", que recibe el caudal de la presa Basilio Vadillo.

En el municipio 70,000 hectáreas se destinan a usos agrícolas, los cuales equivalen al 10.25% del área municipal.

Tabla 3.9.- Uso de suelo y vegetación del municipio de Colima.

TIPO	USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	SUPERFICIE MUNICIPAL (km^2)	SUPERFICIE MUNICIPAL (%)
AR	Agricultura de riego	34.2	4.7
AT	Agricultura de temporal	165.6	22.8
BQ-vs	Bosque de encino	8.3	1.1
Cu	Ciudades importantes	6.5	0.9
PC	Pastizal cultivado	6.6	0.9
PI	Pastizal inducido	41.1	5.7
Sa	Sabana	93.3	12.8
Sbc	Selva baja caducifolia	329.4	45.3
Sbk	Selva baja espinosa	24.6	3.4
Sms-vs	Selva mediana subcaducifolia	15.0	2.1
Vg	Vegetación de galería	2.3	0.3

El estado de Colima posee diferentes tipos de vegetación debido a su ubicación geográfica y a la diversidad e interacción de los factores abióticos presentes en su territorio (SPP, 1981). Sin embargo, como sucede en muchos lugares del país la vegetación natural se encuentra muy perturbada a causa de la fuerte presión por abrir nuevos terrenos para la agricultura. Por lo que es necesario realizar exploraciones botánicas con la finalidad de conocer la diversidad y poder elaborar planes de manejo que conlleven a la utilización de los recursos naturales de manera racional.

En el municipio de Colima la vegetación que predomina es la selva baja caducifolia, al centro, oeste y sureste; y su principal característica es que los árboles tiran la hoja en un 75% durante la época de estío.

La selva mediana sub-caducifolia se localiza al sureste, en los límites con Ixtlahuacán y sus especies tiran la hoja en un 50 y 75% también en el estío.

En las partes elevadas de los cerros, al sur y sureste de Tepames, entre los 800 y 1,000 metros de altitud, se localizan algunos bosques de encinos.

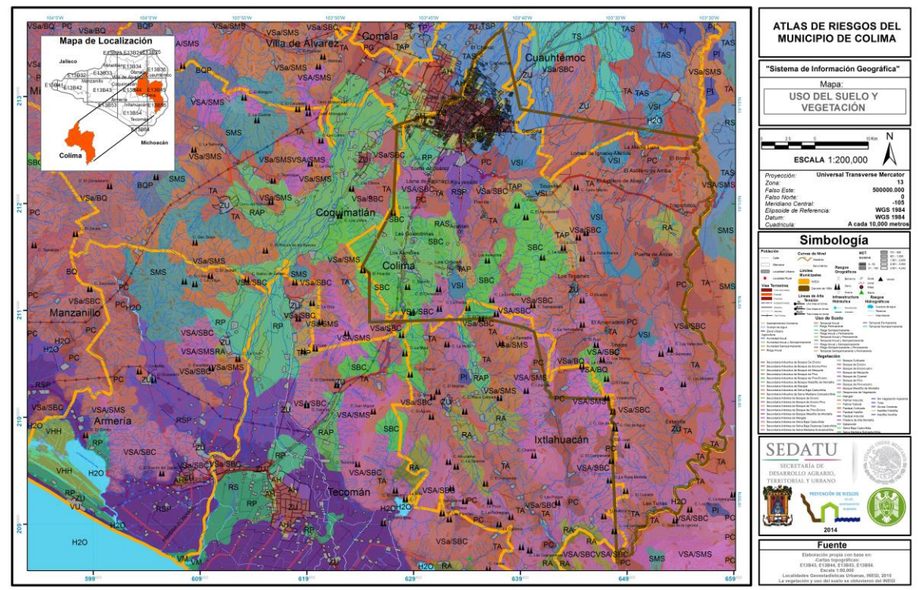


Figura 3.8.- Mapa de uso del suelo y vegetación en el municipio de Colima.

3.9 ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

El municipio de Colima no cuenta con un área natural protegida, sin embargo el H. Ayuntamiento de Colima reconoce como área de valor ambiental el Parque Periférico de Recreación Ecológica Vidal Fernández T., como área de valor ambiental en las que predominan especies de flora arbórea y arbustiva y se distribuyen otras especies de vida silvestre asociadas y representativas de la biodiversidad, así como especies introducidas para mejorar su valor ambiental, estético, científico, educativo, recreativo, histórico o turístico, cuya extensión y características contribuyen a mantener la calidad del ambiente.[47] Dicho parque tiene una extensión superior a las 15 ha.

[47] Artículo 94, la Ley Ambiental para el Desarrollo Sustentable del Estado de Colima. Decreto del H. Ayuntamiento Constitucional de Colima, Tomo 97 Colima, Col., Sábado 07 de Abril del año 2012; Núm. 20, pág. 20.

HOJA EN BLANCO

Capítulo 4. CARACTERIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS SOCIALES, ECONÓMICOS Y DEMOGRÁFICOS DEL MUNICIPIO DE COLIMA

En este capítulo se abordan aspectos relacionados con elementos demográficos como la dinámica demográfica que considera la población total, tasa de crecimiento y proyección poblacional, además un análisis de la distribución de la población según su repartición territorial y población total por localidad. Se presenta también la pirámide de edades y su análisis correspondiente. Asimismo, se discute la mortalidad y la densidad de población. Por otra parte se analizan las características sociales del municipio de Colima, tales como escolaridad, hacinamiento, población con discapacidad, marginación y pobreza. Las principales actividades económicas de la zona. Las características de la población económicamente activa se presentan al final de este apartado, junto con un análisis de la reserva territorial.

Para el análisis de los elementos demográficos del municipio de Colima se examinaron los documentos y bases de datos del Censo de Población y Vivienda 2010, realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)[48] de igual manera se consultaron documentos, bases de datos y estimaciones realizadas por el Consejo Nacional de Población (CONAPO), del Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL)[49]. Asimismo se consultó el Panorama Sociodemográfico de Colima y el Anuario estadístico y geográfico de Colima 2013, elaborado por el INEGI. Se analizaron también los Indicadores Sociodemográficos de la población total y la población indígena 2010, de la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos.

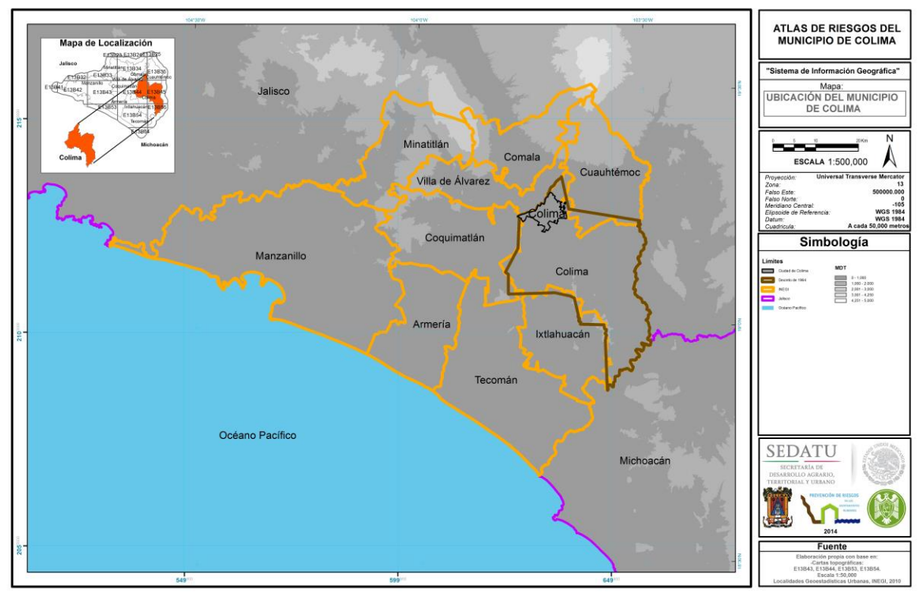


Figura 4.1.- Localización del municipio de Colima en el Estado.

[48] Consultado a través de la página web: www.inegi.org.mx el 16 de agosto de 2014
[49] Consultado a través de la página web: www.coneval.gob.mx el 17 de agosto de 2014.

4.1 DINÁMICA DEMOGRÁFICA

Con base al Censo de Población y Vivienda 2010, la población total del estado es de 650,555 personas, lo que representa el 0.6% de la población nacional. La población total del municipio de Colima es de 146,904 habitantes, el 48.7% son hombres y 51.3% son mujeres, hay una relación hombres-mujeres de 95. De éstos, 35,893 corresponden a la población de 0 a 14 años de edad, 11,621 a los que tienen 65 y más años, por lo que 96,705 están entre 15 y 64 años de edad. Con respecto a la población estatal, el municipio de Colima representa el 22.5% de la estatal. Por esta razón se ubica como el 2° lugar en cantidad de población respecto a los diez municipios que conforman el estado de Colima, (INEGI, 2010).

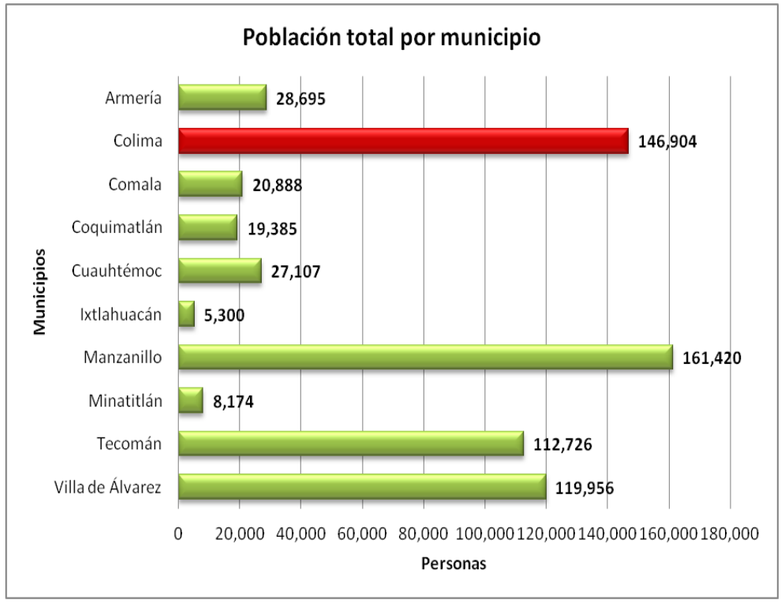


Figura 4.2.- Distribución de la Población total por municipio. Fuente: INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010.

4.1.1 Fecundidad y Mortalidad[50]

En el estado de Colima el promedio de hijos nacidos vivos de mujeres de 15 a 49 años y más es de 1.6 y en el municipio de Colima de 1.5 hijos nacidos vivos.

En el municipio a lo largo de su vida, las mujeres de 15 a 19 años han tenido en promedio 0.1 hijos nacidos vivos, mientras que las mujeres de 45 a 49 años han tenido en promedio 2.8 hijos nacidos vivos, similar al municipio de Villa de Álvarez y por abajo del resto de los municipios.

[50] Panorama Sociodemográfico de Colima, 2011, a través de la página web: http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/censos/poblacion/2010/panora_socio/col/Panorama_Col.pdf. Consultado en septiembre de 2014.

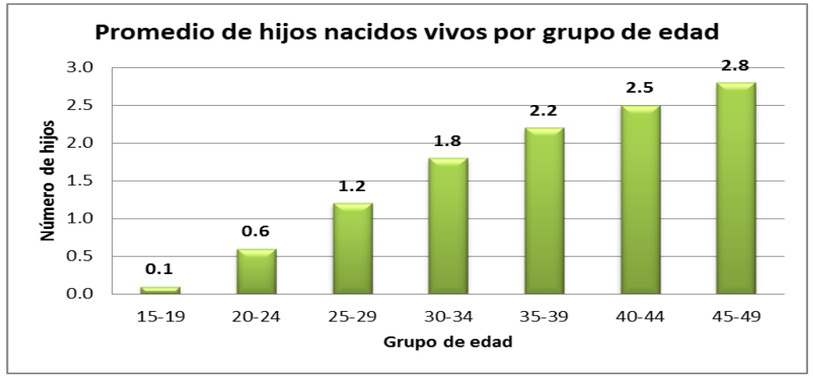


Figura 4.3.- Promedio de hijos nacidos vivos por grupos de edad. Fuente: Panorama Sociodemográfico de Colima, con datos del INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010.

En el estado de Colima el porcentaje de hijos fallecidos de mujeres de 12 años y más es de 7.9 y en el municipio de Colima es de 7.0. [51] En el municipio para las mujeres entre 15 y 19 años, se registran dos fallecimientos por cada 100 hijos nacidos vivos, mientras que para las mujeres entre 45 y 49 años el porcentaje es de cuatro hijos fallecidos por cada 100.

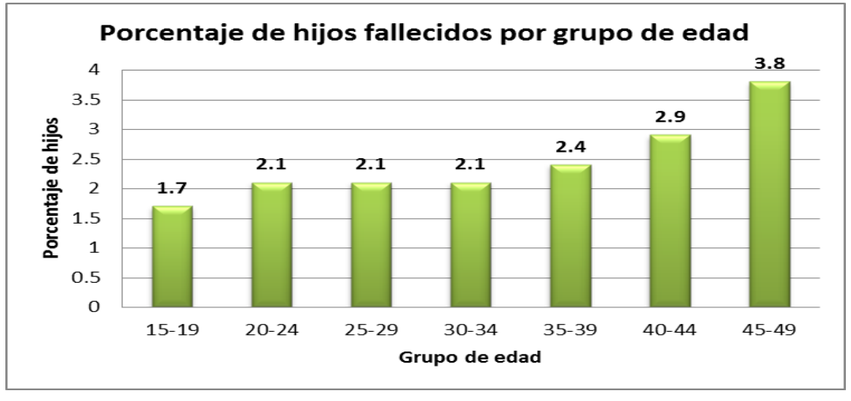


Figura 4.4.- Porcentaje de hijos fallecidos por grupos de edad. Fuente: Panorama Sociodemográfico de Colima, con datos de INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010.

En el caso de los servicios de salud, el 81.3% de la población es derechohabiente en el municipio, igual al promedio estatal que es de 81.3% y superior al nacional que es del 64.6%; es decir, que de cada 100 personas 82 tienen derecho a servicios médicos de alguna institución pública o privada.

[51] Panorama Sociodemográfico de Colima, 2011, a través de la página web: http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/censos/poblacion/2010/panora_socio/col/Panorama_Col.pdf. Consultado en septiembre de 2014.

4.1.2 Tasa de crecimiento

La población del municipio de Colima que es nacida en otra entidad o país es de 43,005 habitantes, lo que representa el 29.3% apenas debajo del promedio estatal que es de 29.6%, similar a los municipios de Tecomán y Villa de Álvarez.

Colima, Manzanillo, Villa de Álvarez y Tecomán, son los municipios con mayor población, juntos concentran un total de 541,006 personas, es decir, 83.16% de los residentes en el estado.

El municipio de Colima presentó una tasa de crecimiento positivo de 1.19, por debajo de los municipios de Villa de Álvarez, Manzanillo y Tecomán que presentan los mayores crecimientos absolutos entre los censos de 2000 y 2010, con tasas anuales de 3.90, 2.49 y 1.24 respectivamente. En contraste Minatitlán presenta una tasa de crecimiento negativa de -0.34 e Ixtlahuacán -0.32, durante el mismo periodo (INEGI, 2010).

De acuerdo al Programa Municipal para el Ordenamiento Territorial del municipio de Colima (PMOT, 2012), en los últimos 20 años el municipio de Colima ha presentado un incremento poblacional de 30,399 habitantes, pasando de un total de 116,505 registrados en 1990, a 146,904 para el año 2010, lo que constituye un aumento en un 26.09%. En este periodo la tasa de crecimiento del municipio de se incrementó en un 2.35%.

Dentro de la zona rural en el 2010, de acuerdo a datos del INEGI, se registraron cinco localidades con una población mayor a los 500 habitantes, Los Tepames, Piscila, El Chanal Los Asmoles y Las Guásimas. Exceptuando Los Tepames, en estas localidades se observó un incremento en su población en el periodo de 1990-2010, siendo Los Asmoles la localidad con el mayor incremento (PMOT, 2012).

Tabla 4.1.- Población total 1990-2010 Y 2030. Fuente: PMOT 2012, con datos de INEGI 1990, 1995, 2000, 2005 y 2010

Territorio	1990	1995	2000	2005	2010
País	81’249,645	91’158,290	97’483,412	103’263,388	112’336,538
Estado de Colima	428,510	488,028	542,627	567,996	650,555
Municipio de Colima	116,505	120,781	129,958	132,273	146,904
Zona Urbana	106,967	110,977	119,639	123,597	137,383
Zona Rural	953	9,804	10,319	8,676	9,521
Los Tepames	2,214	2,115	2,130	1,645	1,655
Piscila	1,265	1,322	1,360	1,205	1,352
El Chanal	626	753	790	720	820
Los Asmoles	437	437	494	527	609
Las Guásimas	418	445	469	477	516

Tabla 4.2.- Tasa de crecimiento de la población 1990-2010. Fuente: PMOT 2012, con datos de INEGI 1990, 1995, 2000, 2005 y 2010. [52]

Territorio	Tasa de Crecimiento (%)				
	1990-1995	1995-2000	2000-2005	2005-2010	1990-2010
País	2.33	1.35	1.16	1.70	3.29
Estado de Colima	2.64	2.14	0.92	2.75	4.26
Municipio de Colima	0.72	1.48	0.35	2.12	2.35
Zona Urbana	0.74	1.51	0.65	2.14	2.53
Zona Rural	0.55	1.03	-3.41	1.88	-0.02
Principales localidades de la zona rural					
Los Tepames	-0.91	0.14	-5.04	0.12	-2.87
Piscila	0.89	0.57	-2.39	2.33	0.67
El Chanal	3.76	0.96	-1.84	2.64	2.74
Los Asmoles	0.0	2.48	1.30	2.93	3.37
Las Guásimas	1.26	1.06	0.34	1.58	2.13

[52] La tasa de crecimiento corresponde a todo el periodo de estudio, la tasa media de crecimiento anual corresponde al crecimiento medio por año entre 1990 y 2010.

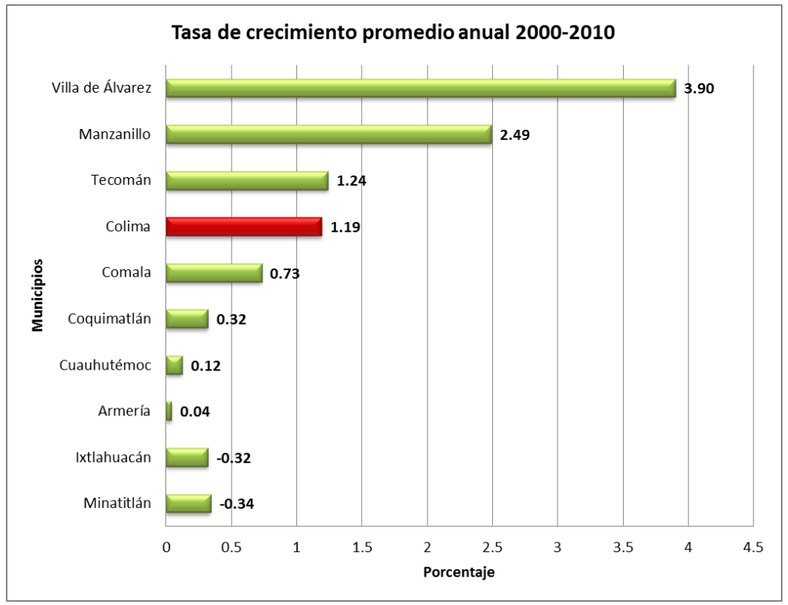


Figura 4.5.- Tasa del crecimiento promedio anual 2000-2010 para los municipios de Colima. Fuente: INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010.

4.2 PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN SEGÚN CONAPO

De conformidad con las proyecciones de CONAPO el estado de Colima contará con una población estimada al 2030 de 891,050 habitantes, el municipio de Colima se estima que crecerá moderadamente con una población de 193,071 habitantes en el mismo periodo. En general podría ser aceptable esperar un crecimiento leve en función de la mejoría de los servicios de salud y la baja de la tasa de mortalidad.

Tabla 4.3.- Proyección de la población de hombres y mujeres para el municipio de Colima. Fuente: CONAPO[53]

Proyección	2010	2013	2016	2020	2025	2030
Hombres	72,220	75,732	79,125	86,362	88,289	92,893
Mujeres	76,417	80,417	84,267	89,151	94,866	100,178
Total	148,637	156,149	163,392	175,513	183,155	193,071

[53] Consultado a través de la página web http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Proyecciones_Datos. Consultado en octubre de 2014.

4.3 DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN

En 1990 el municipio de Colima contaba con 126 localidades, para el 2010 se registraron 185 con la siguiente distribución: ciudad de Colima con 137,383 habitantes, Los Tepames con 1,655 habitantes, Piscila con 1,352, El Chanal con 820, Los Asmoles con 609, Las Guásimas con 516, Cardona con 383, Estapilla con 354, Tinajas con 307, Puerta de Ánzar con 294 y Los Ortices con 262 habitantes. En total las once localidades suman 143,935 habitantes. La población del municipio de Colima vive predominantemente en la zona urbana, ya que el 93.52% de sus habitantes viven en la ciudad de Colima y el resto en las 184 localidades rurales de menos de 2,500 habitantes. El municipio presenta una densidad poblacional de 196.9 hab/km^2. [54]

Tabla 4.4.- Distribución de la población por tamaño de localidad. Fuente: INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010.

Número de habitantes	Población	% Población	Número de localidades	% de localidades
Otros	804	0.54	158	85.40
32 a 499	3,765	2.56	21	11.35
500 a 1,499	3,297	2.24	4	2.16
1,500 a 2,499	1,655	1.13	1	0.54
2,500 a 4,999	-	0	-	0
5,000 a 9,999	-	0	-	0
10,000 y mas	137,383	93.52	1	0.54
Total	146,904	100	185	100

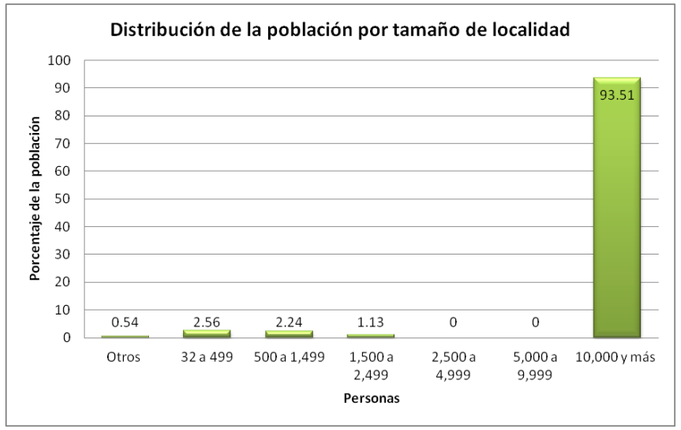


Figura 4.6.- Distribución de la población por tamaño de localidad. Fuente: INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010.

4.3.1 Distribución territorial de la población

De acuerdo con datos del PMOT (2012), la distribución de las localidades en el municipio se observa alrededor de vías de comunicación, principalmente de la carretera federal 110, concentrando el mayor número de asentamientos hacia la parte sur de la ciudad de Colima. Las localidades referidas son de menos de nueve habitantes que se encuentran alrededor de otra de mayor tamaño como Loma de Juárez, Loma de Fátima y El Alpuyequito, dentro de un radio de 10 kilómetros respecto a la ciudad de Colima que funciona como centro de trabajo y proveedor de servicios de alcance medio para los habitantes de dichas localidades.

Se menciona también que a lo largo de la carretera estatal 39, el patrón de distribución es diferente ya que las localidades no se encuentran concentradas alrededor de una mayor, sino a lo largo de la vía de comunicación; esto se relaciona con el nivel de servicio de cada una, es decir que no dependen totalmente de la ciudad de Colima. Cabe señalar que la topografía hacia el sur del municipio limita otra

[54] Datos obtenidos del Censo de Población y Vivienda 2010 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía. INEGI, a través de la página web: http://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/proyectos/bd/consulta.asp?p=17118&c=27769&s=est. Consultado en Septiembre de 2014.

forma de distribución. La mayoría de las localidades se ubican a menos de 25 km del centro de la ciudad de Colima. Ocho localidades se ubican a más de 25 km de la ciudad, tres a más de 30 km de distancia. La distribución territorial dispersa de las localidades dentro de una zona rural extensa constituye una barrera a la provisión completa de servicios.[55]

La cabecera municipal, por su categoría de capital del estado presenta un importante flujo de visitantes, ya que forma parte de la zona conurbada de Colima, la cual está integrada por los municipios de Comala, Coquimatlán, Cuauhtémoc, Villa de Álvarez y Colima.

En la zona metropolitana de Colima, especialmente la parte de Colima y Villa de Álvarez y la franja norte de esos municipios, ha incrementado la construcción de fraccionamientos. El fenómeno de la urbanización de las áreas rurales y la transformación del suelo rural se ha venido dando a lo largo del tiempo y ha aumentado en los últimos años.

La ciudad de Colima está ubicada en un punto estratégico del territorio en relación al puerto de Manzanillo; se localiza sobre la carretera que comunica el puerto de Manzanillo con la ciudad de Guadalajara, favoreciendo el desarrollo económico, social y humano.[56]

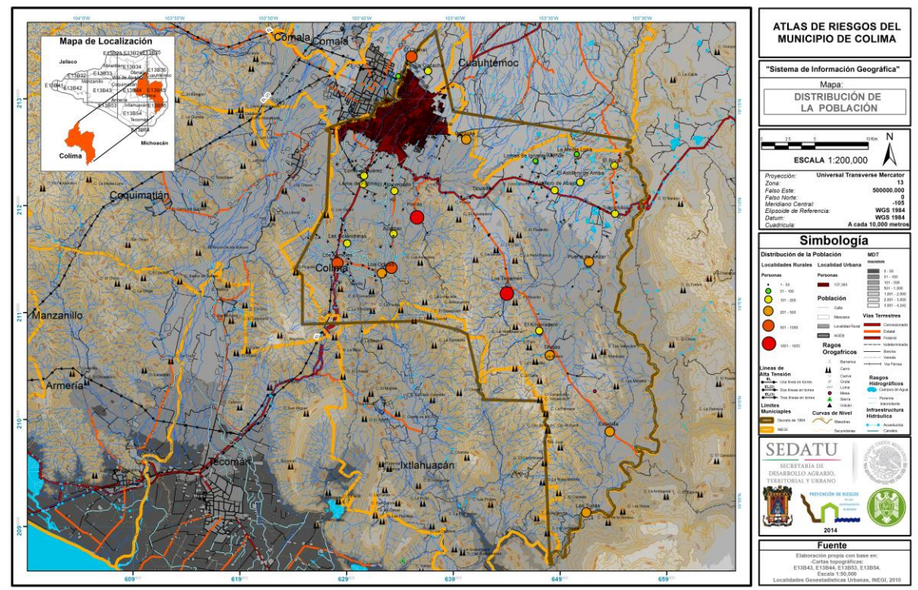


Figura 4.7.- Distribución de la población.

[55] Datos obtenidos del PMOT, 2012 a través de la página web: http://www.ipco.gob.mx/pmot/PMOT.pdf. Consultado en septiembre de 2014.
[56] Información obtenida del Plan Municipal de Desarrollo 2012-2015 a través de la página web: http://www.colima.gob.mx/2010/upl/sec/PLAN%20DE%20DESARROLLO.pdf. Consultado en septiembre de 2014.

4.3.2 Estructura urbana

El INEGI, CONAPO y la Secretaría de Desarrollo Social han reconocido la existencia de dos zonas metropolitanas en Colima (ZM Colima – Villa Álvarez y ZM Tecomán). La Zona Metropolitana de Colima-Villa de Álvarez está constituida por cinco municipios: Colima, Comala, Coquimatlán, Cuauhtémoc y Villa de Álvarez. [57]

Tabla 4.5.- Población zona metropolitana de Colima-Villa de Álvarez. Fuente: CONAPO.

Clave	Municipio	Población		
		1990	2000	2010
Zona metropolitana de Colima-Villa de Álvarez		211,733	275,677	334,240
06002	Colima	116,505	129,958	146,904
06003	Comala	16,909	19,384	20,888
06004	Coquimatlán	16,019	18,756	19,385
06005	Cuauhtémoc	24,458	26,771	27,107
06010	Villa de Álvarez	37,842	80,808	119,956

4.4 DENSIDAD DE LA POBLACIÓN

La densidad media urbana (DMU) obtenida a partir de la superficie de las áreas geoestadísticas básicas urbanas[58], de la cartografía del censo de población y vivienda de 2010, en el caso de la zona metropolitana de Colima-Villa de Álvarez es de 68.2 hab/ha[59]. La extensión territorial del municipio de Colima es de 746.00 km^2, lo que equivale el 12.90%[60] de la superficie total del estado, mientras que la población es de 146,904 habitantes por lo que la densidad municipal es de 196.9 (hab/km^2).[61]

Tabla 4.6.- Zona metropolitana Colima-Villa de Álvarez. Densidad media urbana 1990-2010. Fuente: CONAPO

Clave	Municipio	Tasa de crecimiento medio anual (%)		Superficie (km^2)	DMU(hab/ha)
		1990-2000	2000-2010		
Zona Metropolitana		2.7	1.9	2,287.6	68.2
06002	Colima	1.1	1.1	746.0	62.7
06003	Comala	1.4	0.7	314.3	38.9
06004	Coquimatlán	1.6	0.3	527.0	50.1
06005	Cuauhtémoc	0.9	0.1	412.3	39.4
06010	Villa de Álvarez	7.9	3.9	288.0	85.3

[57] La información se obtuvo de la siguiente página web: http://www3.diputados.gob.mx/camara/content/download/224475/584430/file/ZM%20COLIMA-VILLA%20%C3%81LVAREZ.pdf. Consultado en septiembre de 2014.
[58] La información se obtuvo de la siguiente página web: http://www.inegi.org.mx/Sistemas/multiarchivos/doc/702825003884/DZM20101.pdf. Consultado en septiembre de 2014.
[59] La información se obtuvo de la siguiente página web: http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/zonas_metropolitanas_2010/cuadros/ZM_08.xlsx. Consultado en septiembre de 2014.
[60] Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México. Estado de Colima. INAFED Instituto para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. SEGOB, 2010, a través de la página web: http://www.elocal.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM_Colima. Consulado en septiembre de 2014.
[61] Panorama Sociodemográfico de Colima, 2011, página web: http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/censos/poblacion/2010/panora_socio/col/Panorama_Col.pdf. Consultado en Septiembre de 2014.

A continuacion se presenta un mapa de la densidad poblacional por AGEB en la ciudad de Colima, en donde se puede observar que las AGEB que presentan una menor densidad poblacional se encuentran ubicadas en en su mayoría en el norte y nororiente de la ciudad de Colima. Las AGEB que presentan una mayor densidad poblacional se encuentran ubicadas en la zona centro, sur y nororiente de la ciudad de Colima.

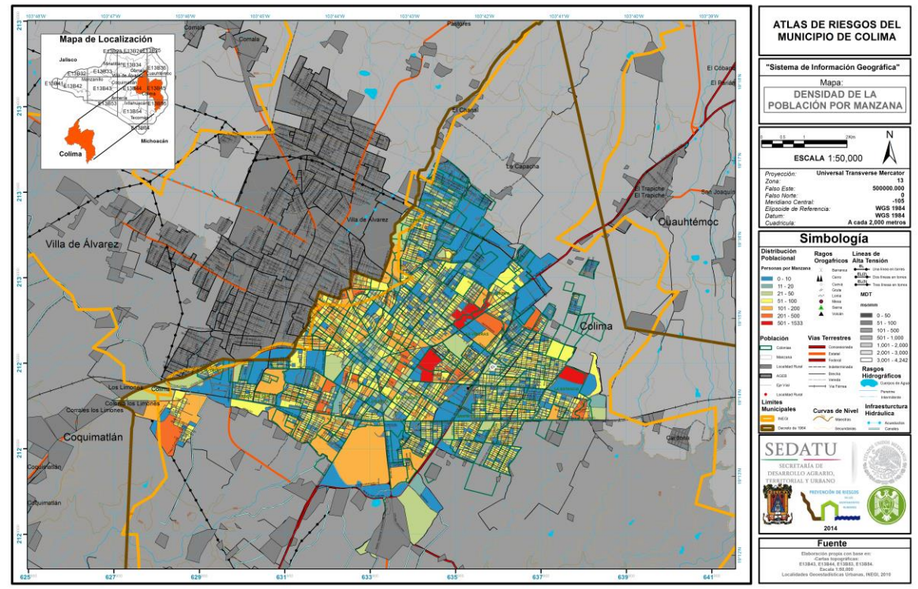


Figura 4.8.- Densidad de la población en la zona urbana de Colima.

4.5 PIRÁMIDE DE EDADES[62]

En el 2010 la edad mediana[63] en el municipio de Colima fue de 29 años, por encima de la edad mediana estatal que fue de 26 años. Por lo tanto la mitad de la población del municipio de Colima tenía 29 años o menos. [64]

[62] Información obtenida del Censo de Población y Vivienda, 2010. Estado de Colima. Tabulados del Cuestionario Básico, Población. INEGI, a través de la página web: http://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/proyectos/bd/consulta.asp?p=17118&c=27769&s=est. Consultado en septiembre de 2014.

[63] Edad que divide a la población en dos partes numéricamente iguales, esto es, la edad hasta la cual se acumula 50% de la población total. Consultado en septiembre de 2014.

[64] Información obtenida del Anuario estadístico y geográfico de Colima 2014. INEGI, a través de la página web: http://www3.inegi.org.mx/sistemas/productos/default.aspx?c=265&s=inegi&upc=702825051914&pf=Prod&ef=&f=2&cl=0&tg=13&pg=0&ct=106030000. Consultado en septiembre de 2014.

Tabla 4.7.- Población por grupos de edad. Fuente: INEGI. Censo de Población y Vivienda, 2010. Tabulados del Cuestionario Básico, Población. [65]

Grupo Quinquenal de Edad	Población Total		Hombres		Mujeres	
	Absoluta	%	Absoluta	%	Absoluta	%
00-04	11,334	7.71	5,707	3.88	5,627	3.83
05-09	12,213	8.31	6,161	4.19	6,052	4.11
10-14	12,346	8.40	6,388	4.34	5,958	4.05
15-19	13,137	8.94	6,630	4.51	6,507	4.42
20-24	13,371	9.10	6,518	4.43	6,853	4.66
25-29	11,818	8.04	5,771	3.92	6,047	4.11
30-34	11,067	7.53	5,408	3.68	5,659	3.85
35-39	10,643	7.24	5,146	3.50	5,497	3.74
40-44	9,140	6.22	4 337	2.95	4,803	3.26
45-49	7,960	5.41	3,695	2.51	4,265	2.90
50-54	7,785	5.29	3,636	2.47	4,149	2.82
55-59	6,397	4.35	3,010	2.04	3,396	2.31
60-64	5,387	3.66	2,501	1.70	2,886	1.96
65-69	3,890	2.64	1,865	1.26	2,025	1.37
70-74	2,964	2.02	1,368	0.93	1,596	1.08
75-79	1,989	1.35	882	0.60	1,107	0.75
80-84	1,333	0.90	568	0.38	765	0.52
85-89	888	0.60	395	0.26	493	0.33
90-94	382	0.26	150	0.10	232	0.15
95-99	137	0.09	62	0.04	75	0.05
100 y más	38	0.02	22	0.01	16	0.01
No especificado	2,685	1.82	1,345	0.91	1,340	0.91
Total	146,904	100	71,556	48.61	75,348	51.19

En la Figura 4.9 se puede apreciar cómo la base de la pirámide es angosta y el grueso de la población es joven o adulta, mientras que la población infantil sigue siendo menor, siendo esto último consecuencia de la reducción de las tasas de natalidad.

[65] Información obtenida del Censo de Población y Vivienda, 2010. Estado de Colima, Tabulados del Cuestionario Básico, Población. INEGI, a través de la página web: http://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/proyectos/bd/consulta.asp?p=17118&c=27769&s=est. Consultado en septiembre de 2014.

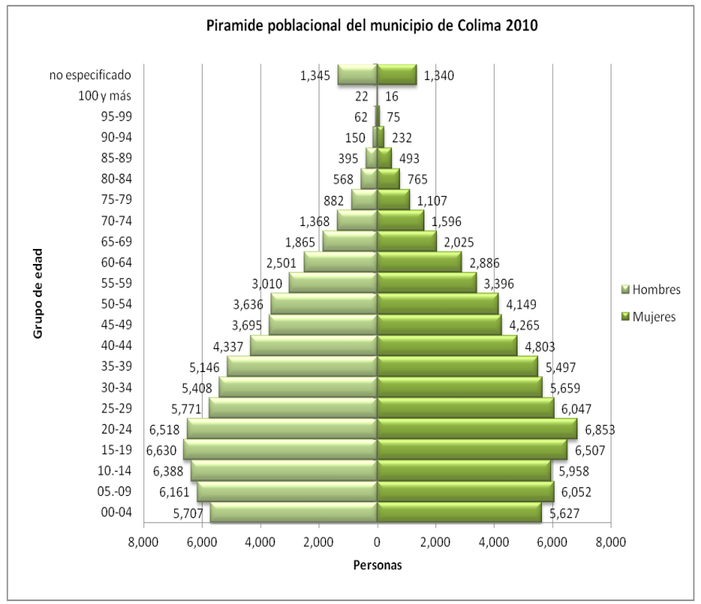


Figura 4.9.- Pirámide poblacional del municipio de Colima 2010. Fuente: INEGI Censo de Población y Vivienda, 2010. Tabulados del Cuestionario Básico, Población.

4.6 EQUIPAMIENTO

De acuerdo al PMOT (2012), en cuanto al equipamiento de espacios públicos en el municipio, existe un déficit en plazas cívicas, ya que sólo se cuenta con tres espacios catalogados en este tipo de equipamiento, esto queda en evidencia al analizar las actividades de la población, ya que por lo regular para la realización de eventos cívicos se utilizan los jardines vecinales o los parques de barrio, así como los espacios diseñados ex profeso en las escuelas públicas.

En el tema de los jardines vecinales y los parques de barrio del municipio cuenta con un déficit importante de este tipo de equipamientos abiertos y verdes, puesto que la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha establecido que es necesario que cada ciudad tenga 9 m^2 de área verde por habitante como proporción mínima y como superficie óptima entre un 10 y 15 m^2 por habitante. En cambio la ciudad de Colima cuenta sólo con 5.6 m^2 de área verde por habitante, por lo cual es necesario aumentar este tipo de espacios en el municipio.

En cuanto al equipamiento en cines, el municipio cuenta con dos de carácter privado y dos más de carácter público administrados por la Secretaría de Cultura del Gobierno del Estado. Este tipo de equipamiento junto con los espacios destinados para ferias y exposiciones, son de cobertura regional, por lo que además de contar con una buena dotación en la zona urbana de Colima, existe la influencia de equipamientos ubicados en la zona conurbada.

El municipio de Colima considera en su inventario deportivo 89 espacios, de los cuales 68 están en la zona urbana y 21 en la zona rural. Actualmente el municipio cuenta con la siguiente infraestructura cultural:

- 1 Auditorio
- 1 Centro Cultural

- 5 Foros para actividades culturales
- 6 Bibliotecas

Las seis bibliotecas, suman una capacidad para 214 personas:

- Biblioteca Balbino Dávalos
- Biblioteca San Francisco Norte
- Biblioteca Centro Cultural Horacio Cervantes
- Biblioteca El Tívoli
- Biblioteca Marina Larios Arreola, de Los Tepames
- Biblioteca Victoriano Guzmán, de Lo de Villa

En el municipio se cuenta con cinco parques (Ecoparque el Manrique, La Piedra Lisa, Huertas del Cura Arzac, Hidalgo y Niños Héroes) en total con una superficie aproximada de 271,000 m^2 de los cuales 105,000 m^2 corresponden a andadores, canchas, construcciones y plazoletas y 166,000 m^2 a espacios verdes.

Existen 105 jardines en la zona urbana y 21 jardines en las comunidades rurales, lo que suma un total de 131 parques y jardines. Se tiene además en la ciudad de Colima 35 espacios verdes como plazoletas y triángulos.

Existen 42 fuentes en la ciudad, cinco de estas se ubican en glorietas y el resto en jardines y plazoletas. También cuenta con 53 kilómetros lineales de camellones y 15 glorietas.

A continuación se presenta un mapa del equipamiento con el que cuenta la ciudad de Colima.

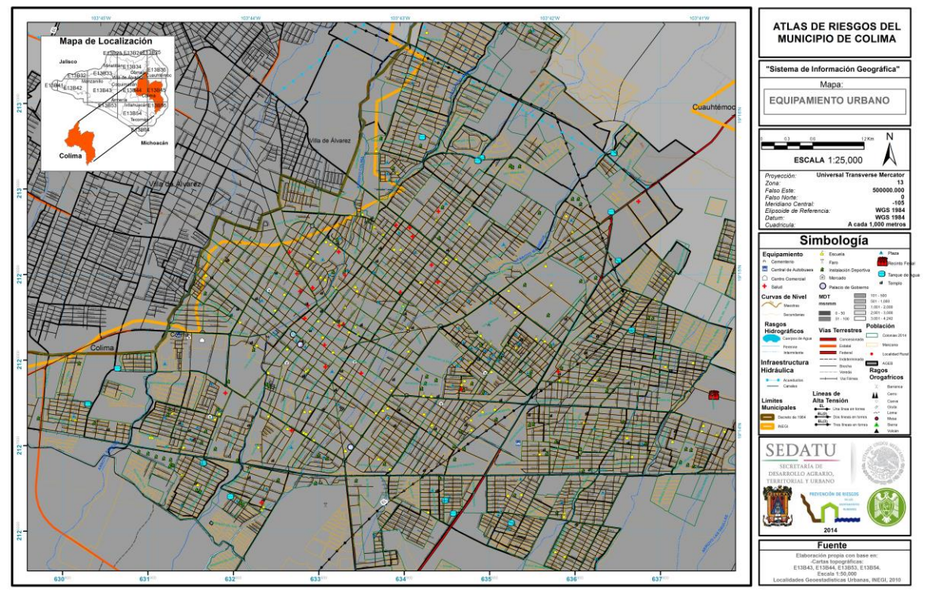


Figura 4.10.- Equipamiento de la ciudad de Colima.

4.7 ESCOLARIDAD

El CONEVAL en el 2010, en su Informe Anual sobre la situación de pobreza y rezago social refiere que el promedio de escolaridad de la población de 15 años y más en el municipio fue de 9.9, frente al grado promedio de escolaridad de 9 en la entidad. El municipio contaba con 93 escuelas preescolares (23.6%), 106 primarias (21.9%) y 38 secundarias (23%), con 22 bachilleratos (25.6%), dos escuelas de profesional técnica (33.3%) y 71 escuelas de formación para el trabajo (44.1%). No se contaba con primarias indígenas.

La población de 15 años o más alfabeta sumó un total de 104,200 habitantes y la analfabeta 3,570 (3.3%), la población de 15 años y más con educación básica incompleta 35,314 (32.6%), la población de 6 a 14 años que no asiste a la escuela fue de 762 habitantes (3.4%).[66]

Por su parte el INEGI (2010) muestra la condición de asistencia escolar de la población de tres años y más. Los datos se presentan en números absolutos y en porcentaje por grandes grupos de edad de la población que asiste a la escuela, de la que no asiste y la no especificada.

[66] Información obtenida del Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), a través de la página web: https://www.sedesol.gob.mx/work/models/SEDESOL/Informes_pobreza/2014/Municipios/Colima/Colima_002.pdf. Consultado en septiembre de 2014.

Tabla 4.8.- Población de 3 años y más, por condición de asistencia escolar del municipio de Colima. Fuente: INEGI. Censo de Población y vivienda 2010. Tabulados del Cuestionario Básico. Educación.[67]

		Asiste		No asiste		No especificado	
Edad	**Población**	**Abs.**	**%**	**Abs.**	**%**	**Abs.**	**%**
3 a 9	16,948	13,638	80.47	3,098	18.28	212	1.25
10 a 14	12,346	11,736	95.06	559	4.53	51	0.41
15 a 19	13,137	8,962	68.22	4,133	31.46	42	0.32
20 a 24	13,371	4,519	33.80	8,747	65.42	105	0.79
25 a 29	11,818	1,096	9.27	10,583	89.55	139	1.18
30 y +	70,000	1,950	2.79	67,148	95.93	902	1.29
Total	**137,620**	**41,901**	**30.45**	**94,268**	**68.50**	**1,451**	**1.05**

4.7.1 Lengua indígena

De acuerdo al Censo de Población y Vivienda 2010, en el municipio de Colima la población de cinco años y más que habla alguna lengua indígena fue de 517 habitantes, lo que representa menos del 1% de la población de cinco años y más del municipio. Las lenguas indígenas más frecuentes en el municipio fueron el Náhuatl con un porcentaje del 24.4%, y Purépecha (tarasco) con un 14.9%, es decir que de cada 100 personas de cinco años y más que hablan alguna lengua indígena, 24 hablan náhuatl. [68]

4.8 HACINAMIENTO

El hacinamiento habla de la carencia de espacios en la vivienda o desde otro punto, la sobreocupación de personas en la vivienda. Cuando una vivienda presenta hacinamiento, sus ocupantes presentan mayor riesgo de sufrir ciertas problemáticas, como la violencia doméstica, desintegración familiar, bajo rendimiento escolar, entre otros.[69]

De acuerdo a estimaciones de CONAPO con datos del INEGI 2010, de las 177,848 viviendas particulares habitadas (excluye las viviendas sin información de los ocupantes) en el estado de Colima, 31.32% presentan algún nivel de hacinamiento, mientras que para el municipio de las 40,767 viviendas particulares habitadas el 24.43% presentan algún nivel de hacinamiento.

Tabla 4.9.- Viviendas particulares habitadas en condiciones de hacinamiento. Fuente: Estimaciones del CONAPO con base en INEGI, Censo de Población y Vivienda 2010. [70]

	Viviendas particulares habitadas[71]	**Viviendas particulares habitadas con algún nivel de hacinamiento**	**% Viviendas particulares habitadas con algún nivel de hacinamiento**
País	28’607,568	10’450,344.6	36.53

[67] Información obtenida del Censo de Población y vivienda 2010. Cuestionario básico. INEGI, a través de la página web: http://www3.inegi.org.mx/sistemas/tabuladosbasicos/default.aspx?c=27302&s=est. Consultado en septiembre de 2014.
[68] Panorama Sociodemográfico de Colima, 2011. INEGI, a través de la página web: http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/censos/poblacion/2010/panora_socio/col/Panorama_Col.pdf. Consultado en septiembre de 2014.
[69] Información obtenida del Sistema de indicadores de vivienda 2011, a través de la página web: https://www.coveg.gob.mx/seiisv/modulos/secciones/publicaciones/Sistema_indicadores_gto.pdf. Consultado en octubre de 2014.
[70] Índice de marginación por entidad federativa y municipio 2010, CONAPO, a través de la página web en: http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/indices_margina/mf2010/CapitulosPDF/1_4.pdf. Consultado en septiembre de 2014.
[71] Viviendas particulares habitadas de cualquier clase: casa independiente, departamento en edificio, vivienda o cuarto en vecindad, vivienda o cuarto de azotea, local no construido para habitación, vivienda móvil, refugios o clase no especificada. Excluye a las viviendas particulares sin información de ocupantes.

	Viviendas particulares habitadas[71]	Viviendas particulares habitadas con algún nivel de hacinamiento	% Viviendas particulares habitadas con algún nivel de hacinamiento
Estado de Colima	177,848	55,701	31.32
Municipio de Colima	40,767	9,959.37	24.43

La Tabla 4.10 muestra el nivel de hacinamiento en las principales localidades del municipio de Colima, en la que se puede observar que las diez localidades que presentan un mayor porcentaje de viviendas particulares con algún nivel de hacinamiento son La frontera, Loma de Fátima, Arroyo Verde, El Bordo, Acatitán, Las Tunas, La Media Luna, Los Ortices, Piscila y Las Golondrinas.

Tabla 4.10.- Porcentaje de viviendas particulares con algún nivel de hacinamiento en las principales localidades del municipio de Colima.[72]

Localidad	Viviendas particulares con algún nivel de hacinamiento (%)	Localidad	Viviendas particulares con algún nivel de hacinamiento (%)
Colima	18	Los Tepames	18
Acatitán	42	Ticuizitán	0
El Alpuyequito	35	Tinajas	18
Los Asmoles	31	Trapichillos	22
El Astillero de Abajo	17	Las Tunas	41
El Astillero de Arriba	32	Arroyo Verde	50
El Bordo	43	Colomitos	33
La Capacha	8	Chacalcáhuitl	25
El Chanal	26	La Loma de Ignacio Allende	34
Estapilla	18	La Lomita	0
Las Golondrinas	20	Las Peñitas	0
Las Guásimas (Las Borregas)	38	Rancho Nuevo	0
La Media Luna	40	Loma de Fátima	53
Loma de Juárez (El Mezquite)	37	El Amarradero	33
Los Ortices	40	Aráceas (Vivero)	33
Piscila	40	La Frontera	75
Cardona	25	Colonia los Sauces	0
Puerta de Ánzar	19		

[72] Información obtenida del PMOT, 2012 a través de la página web: http://www.ipco.gob.mx/pmot/PMOT.pdf. Consultado en octubre de 2014.

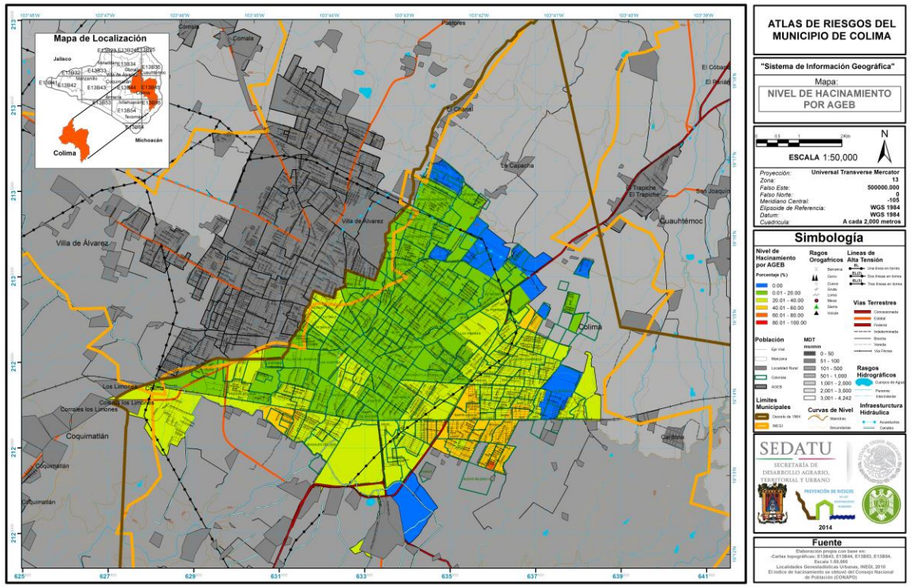


Figura 4.11.- Nivel de hacinamiento en la ciudad de Colima.

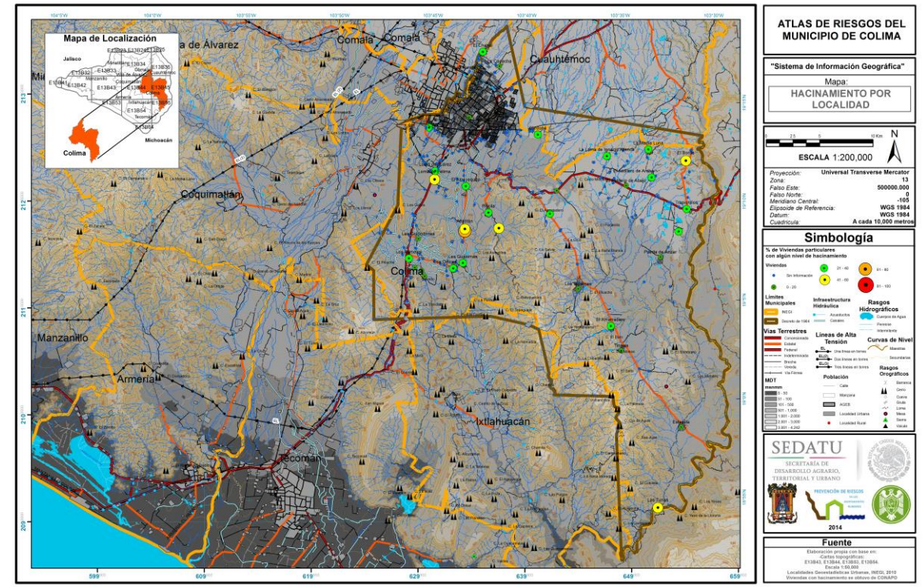


Figura 4.12.- Nivel de hacinamiento en el municipio de Colima.

En la Figura 4.11 se muestra el nivel de hacinamiento por AGEB en la ciudad de Colima, en donde se puede observar que los mayores niveles de hacinamiento se encuentran concentrados en el suroriente de la ciudad y los niveles menores de hacinamiento se encuentran ubicados al sur de la ciudad de Colima. En la Figura 4.12 se puede apreciar el nivel de hacinamiento en la ciudad de Colima y las principales localidades del municipio.

4.8.1 Características de la vivienda

De acuerdo al Censo de Población y Vivienda en el 2010 el tamaño promedio de los hogares en el municipio fue de 3.5 integrantes, mientras que en el estado el tamaño promedio fue de 3.6 integrantes. En el mismo año había en el municipio 40,767 hogares, lo que representa el 22.9% del total de hogares del estado, de los cuales 12,131 estaban encabezados por jefas de familia, el 26.3% del total del estado. Las viviendas particulares habitadas que cuentan con piso de tierra fue del 3.1%, el 2.9% de las viviendas contaban con un sólo cuarto.

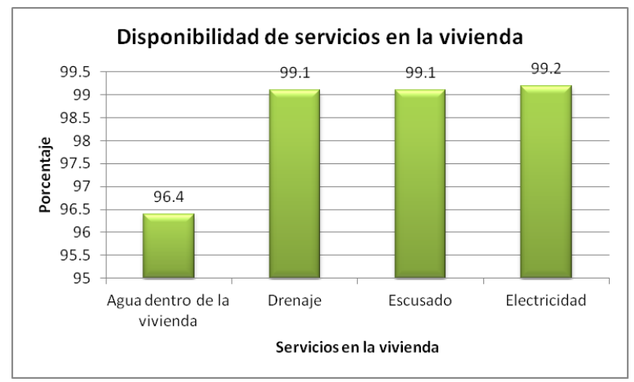


Figura 4.13.- Disponibilidad de servicios en la vivienda. Fuente: INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010.

4.9 POBLACIÓN CON DISCAPACIDAD[73]

En el municipio de Colima la población con alguna limitación en la actividad de la vida cotidiana fue de 7,184 personas, para caminar, moverse, subir o bajar 4,348, para ver aun usando lentes 1,676, para hablar, comunicarse o conversar 722, para escuchar 737, para vestirse, bañarse o comer 515, para poner atención o aprender cosas sencillas 451 y 805 personas con limitación mental.

Figura 4.14.- Población según el tipo de limitación en la actividad. Fuente: INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010.

[73] Información obtenida de los Principales resultados del Censo de Población y Vivienda 2010 Colima. INEGI, a través de la página web: http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/censos/poblacion/2010/princi_result/col/06_principales_resultados_cpv2010.pdf. Consultado en septiembre de 2014.

En la Tabla 4.11 se muestran los tipos de limitaciones en las principales localidades del municipio de Colima.

Tabla 4.11.- Tipo de limitación de la población en las principales localidades del municipio de Colima Fuente: Censo de Población y Vivienda 2010.

Tipo de limitación de la población en las principales localidades del municipio de Colima									
Localidad	**Población total**	**En la actividad**	**Para caminar o moverse, subir o bajar**	**Para ver, aun usando lentes**	**Para hablar, comunicarse o conversar**	**Para escuchar**	**Para vestirse, bañarse o comer**	**Para poner atención o aprender cosas sencillas**	**Limitación mental**
Trapichillos	110	4	3	0	0	0	0	0	1
El Bordo	119	3	2	1	0	0	0	0	0
Loma de Fátima	120	2	1	0	1	0	0	0	0
La Capacha	128	7	6	1	1	0	1	0	0
Piscila	1,352	109	69	22	8	7	3	2	7
El Alpuyequito	137	5	2	2	1	0	1	0	0
Colima	137,383	6,551	3,951	1,530	665	673	475	420	745
El Astillero de Abajo	147	13	12	1	1	0	1	0	0
Los Tepames	1,655	75	53	7	8	2	1	1	8
Loma de Juárez (El Mezquite)	172	8	5	3	0	0	1	0	0
El Astillero de Arriba	174	20	8	9	1	2	1	1	3
El Amarradero	179	8	4	2	2	0	0	0	1
Acatitán	196	11	9	1	1	0	1	2	1
Las Golondrinas	200	21	11	6	1	1	0	0	2
Las Tunas	236	10	5	1	2	1	1	3	1
Los Ortices	262	29	18	5	5	3	4	2	4
Puerta de Ánzar	294	25	20	3	2	2	0	0	3
Tinajas	307	28	21	6	2	4	2	0	2
Ticuizitán	32	0	0	0	0	0	0	0	0
Estapilla	354	27	18	5	0	7	0	2	1
Cardona	383	52	34	14	3	7	8	3	5
Las Guásimas (Las Borregas)	516	33	20	7	3	7	3	2	5
Los Asmoles	609	55	23	22	6	12	2	5	3
La Media Luna	63	4	0	3	1	0	0	0	0
Las Parotas	71	0	0	0	0	0	0	0	0
La Loma de Ignacio Allende	81	11	9	0	1	1	0	0	0
El Chanal	820	22	18	6	4	0	6	4	4

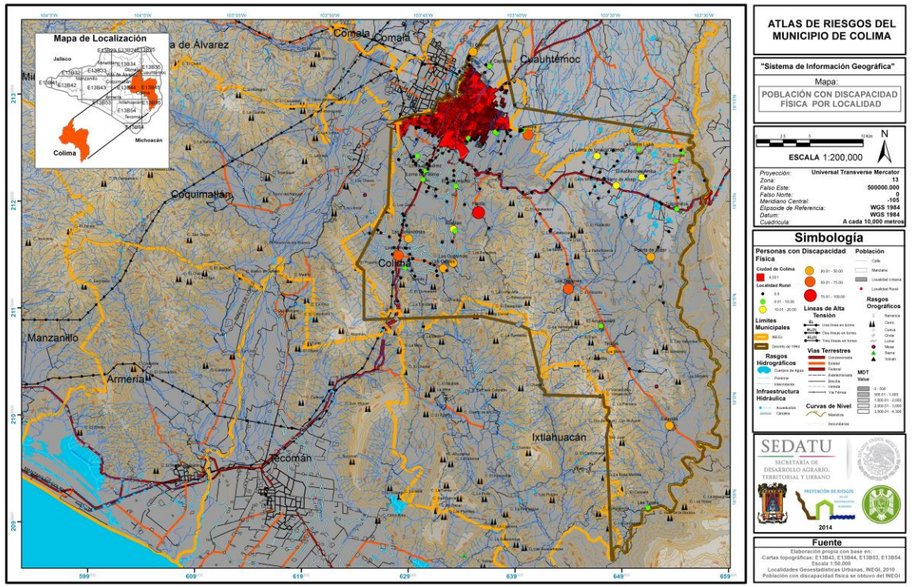


Figura 4.15.- Mapa de distribución de personas con discapacidad.

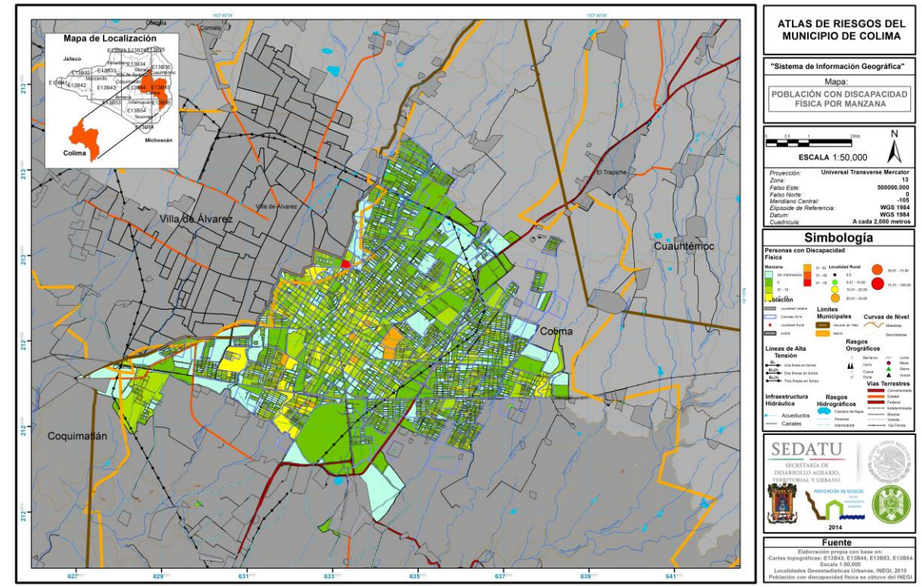


Figura 4.16.- Población con discapacidad física por manzana en la zona urbana de Colima.

En la Figura 4.15 se muestra la distribución de personas algún tipo de discapacidad. Las localidades que presentan un mayor número de personas con algún tipo discapacidad son la ciudad de Colima, La Lomita, Los Teames, Piscila y Cardona.

En la Figura 4.16 se puede observar que en la ciudad de Colima las manzanas que presentan un mayor número de personas con alguna discapacidad se encuentran ubicadas en la zona centro y surponiente de la ciudad.

4.10 MARGINACIÓN

El municipio de Colima está considerado con un grado de marginación muy bajo junto con el municipio de Cuauhtémoc, Manzanillo y Villa de Álvarez, mientras que el resto de los municipios se encuentran en estados medio y bajo de marginación. [74]

[74] Información obtenida del Informe de pobreza *y* evaluación en el estado de Colima*,* 2012. CONAPO, a través de la página web: http://desarrollosocial.guanajuato.gob.mx/coneval/informe-colima.pdf. Consultado en septiembre de 2014.

En la Tabla 4.12 se muestra el índice y grado de marginación de las principales localidades del municipio de Colima, destacando que se mencionan cuatro colonias de la zona urbana con un grado de marginación Muy Alto; el 40% de las localidades tienen un grado de marginación Alto, mientras que el 27.5% presentan un grado Medio y el 22.5% restante se ubican entre un grado Bajo y Muy Bajo.

Tabla 4.12.- Índice y grado de marginación por localidad y lugar que ocupa a nivel nacional y estatal[75].

Localidad	Población Total	Índice de Marginación	Grado de Marginación	Índice de marginación escala 0 a 100	Lugar a nivel Nacional	Lugar a nivel Estatal
Colima	137,383	-1.4271	Muy Bajo	3.3227	105,263	286
Acatitán	196	-0.927	Medio	7.293	90,519	202
El Alpuyequito	137	-0.9759	Medio	6.9047	92,761	212
Los Asmoles	609	-0.9115	Medio	7.4157	89,768	200
El Astillero de Abajo	147	-0.7793	Alto	8.4654	82,952	162
El Astillero de Arriba	174	-1.0184	Medio	6.5672	94,679	227
El Bordo	119	-0.6552	Alto	9.4506	76,225	125
La Capacha	128	-1.1744	Bajo	5.3286	100,544	261
El Chanal	820	-1.3185	Bajo	4.1844	103,888	281
Estapilla	354	-0.8656	Medio	7.7798	87,478	184
Las Golondrinas	200	-0.7232	Alto	8.9106	79,858	141
Las Guásimas (Las Borregas)	516	-0.6862	Alto	9.2046	77,918	132
La Media Luna	63	-1.0478	Medio	6.3336	95,930	237
Loma de Juárez (El Mezquite)	172	-1.2173	Bajo	4.9884	101,780	267
Los Ortices	262	-0.9953	Medio	6.7503	93,672	219
Piscila	1,352	-0.8097	Alto	8.2242	84,530	170
Cardona	383	-1.0773	Bajo	6.0993	97,153	243
Puerta de Ánzar	294	-0.7776	Alto	8.4785	82,853	160
Los Tepames	1,655	-1.1479	Bajo	5.5392	99,722	255
Ticuizitán	32	-1.1505	Bajo	5.5186	99,802	256
Tinajas	307	-1.0069	Medio	6.6588	94,147	223
Trapichillos	110	-0.8111	Alto	8.2126	84,616	171

[75] Información obtenida de las estimaciones del CONAPO con base en el INEGI, Censo de Población y Vivienda 2010. Principales resultados por localidad, a través de la página web: http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Indices_de_Marginacion_2010_por_entidad_federativa_y_municipio. Consultado en septiembre de 2014.

Localidad	Población Total	Índice de Marginación	Grado de Marginación	Índice de marginación escala 0 a 100	Lugar a nivel Nacional	Lugar a nivel Estatal
Las Tunas	236	-0.7326	Alto	8.8357	80,370	144
Arroyo Verde	23	-0.5672	Alto	10.149	71,515	101
Chacalcáhuitl	13	-1.0321	Medio	6.4585	95,249	233
La Loma de Ignacio Allende	81	-0.9347	Medio	7.2317	90,887	205
La Lomita	7	-0.8246	Medio	8.1058	85,337	175
Las Peñitas	19	0.189	Alto	16.1526	37,336	38
Rancho Selene	12	-0.5917	Alto	9.9549	72,834	112
Rancho Nuevo	15	-0.5724	Alto	10.1079	71,803	104
Loma de Fátima	120	-0.7919	Alto	8.365	83,585	164
El Amarradero	179	-0.6987	Alto	9.1049	78,543	135
Los García (El Bordo)	14	-0.0812	Alto	14.0073	47,817	54
Aráceas (Vivero)	15	-0.5622	Alto	10.1891	71,243	100
La Frontera	19	-1.1576	Bajo	5.4625	100,056	257
Colonia Carlos Vázquez	10	0.9584	Muy Alto	22.2605	17,481	17
Colonia los Sauces	23	-1.6652	Muy Bajo	1.4321	106,940	292
El Tejado	15	-1.1296	Bajo	5.6844	99,093	251
Carmen Villaseñor	7	-1.7992	Muy Bajo	0.3689	107,444	296
Las Parotas	71	-1.6062	Muy Bajo	1.9009	106,581	290
Colonia Tierra y Libertad	11	1.0211	Muy Alto	22.7582	16,377	15
Prados de la Estancia	39	1.0618	Muy Alto	23.0817	15,729	14

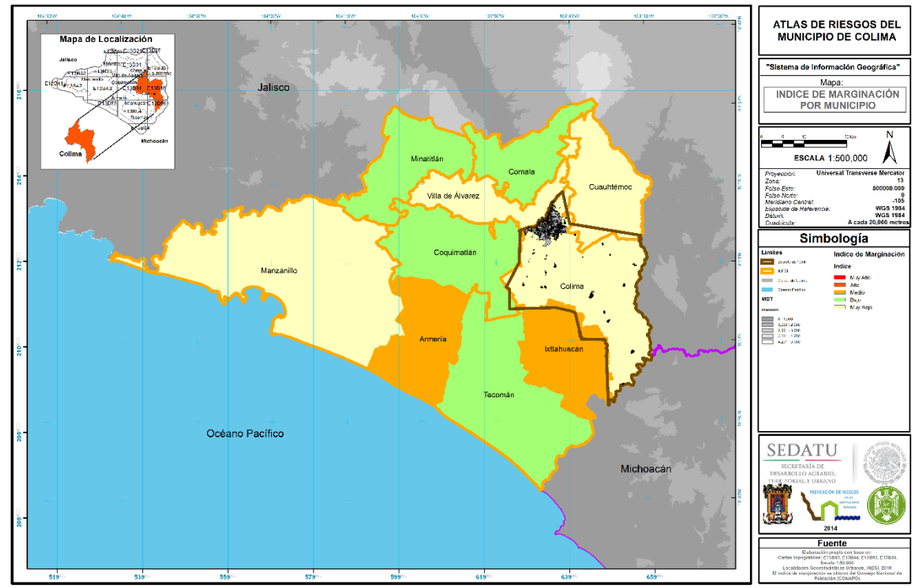


Figura 4.17.- Índice de marginación urbana. Fuente: CONAPO.

De acuerdo con el diagnóstico presentado en el Plan Municipal de Desarrollo 2012–2015 del municipio de Colima, el índice de marginación urbana 2010 elaborado por CONAPO, en la ciudad de Colima únicamente el 1.2% de los habitantes de las Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB´s) no presenta grado alguno en el índice de marginación, mientras que el 4.4% de los habitantes de las AGEB presenta un grado Alto de marginación, sin embargo, el 30.9% de habitantes de las AGEB presenta grado de marginación Medio, un 29.7% presenta en grado Bajo y un 33.8% de los habitantes de las AGEB muestran un grado Muy Bajo. Cabe señalar que existe un grado de marginación Muy Alto, el cual no se hace presente en los habitantes del municipio.[76]

[76] Información obtenida de la siguiente página web: http://www.colima.gob.mx/2010/upl/sec/PLAN%20DE%20DESARROLLO.pdf. Consultado en septiembre de 2014.

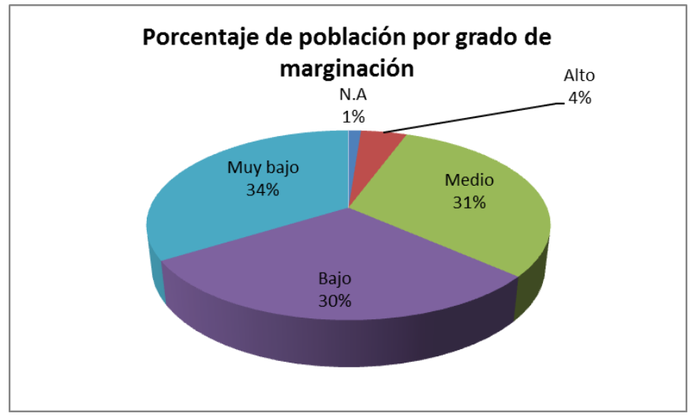


Figura 4.18.- Porcentaje de población por grado de marginación. Fuente: Plan Municipal de Desarrollo 2012 – 2015 con datos de CONAPO.

La tendencia de concentración geográfica de los estratos más vulnerables de la población se centra hacia las zonas oriente y sur de la ciudad, en donde varios de los habitantes de las AGEB presentan niveles medios de marginación.

En cuanto a las problemáticas sociales reveladas por el índice de marginación, las más significativas corresponden al hacinamiento en las viviendas, escolaridad primaria inconclusa y empleos con baja remuneración.

Tabla 4.13.- Índice de marginación por entidad federativa y municipio. Fuente: Plan Municipal de Desarrollo 2012-2015, con datos de CONAPO y del INEGI 2010.

Población Total		**146,904**
Población mayor de 15 años analfabeta	%	3.42
Población mayor de quince años sin primaria completa	%	13.72
Ocupantes en viviendas sin drenaje ni excusado	%	0.37
Ocupantes en viviendas sin energía eléctrica	%	0.36
Ocupantes en vivienda sin agua entubada	%	0.52
Ocupantes en viviendas con piso de tierra	%	3.30
Población en localidades con menos de 5,000 habitantes	%	6.47
Población ocupada con ingresos de hasta 2 salarios mínimos	%	31.97
Índice de marginación	Puntos	-1.70
Grado de marginación	Grado	Muy bajo
Índice de marginación escala 0 a 100	Puntos	8.48
Lugar que ocupa en el contexto estatal	Posición	9
Lugar que ocupa en el contexto nacional	Posición	2.387
Localidades con alta marginación	%	38
Localidades con muy alta marginación	%	7

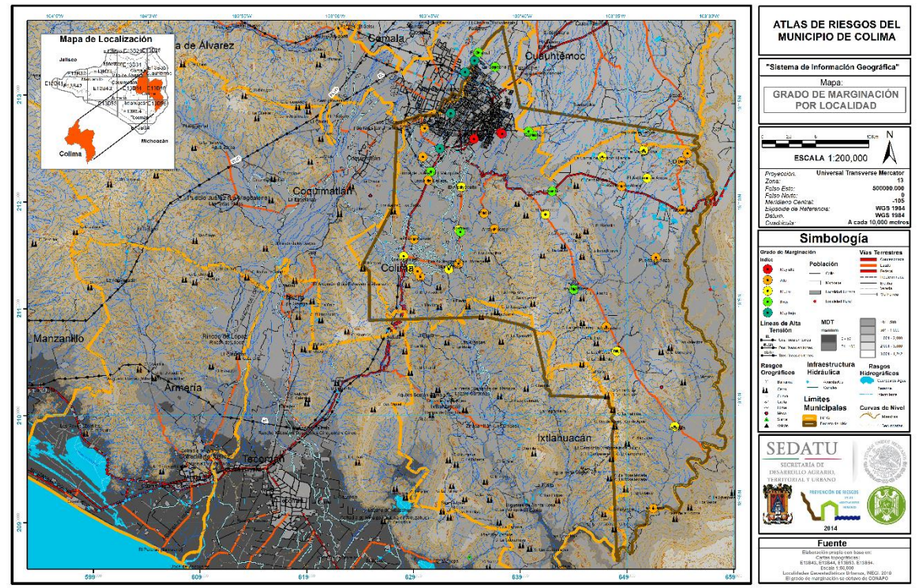


Figura 4.19.- Grado de marginación de la población por localidad.

Con base a información de CONAPO (2010) en su documento Índice de marginación urbana 2010, la zona metropolitana Colima-Villa de Álvarez está compuesta por 212 AGEB, de las cuales ninguna presenta un grado de marginación Muy Alto, 13 presentan un grado de marginación Alto, 67 un grado Medio, 53 un grado Bajo y 79 presentan un grado de marginación Muy Bajo.

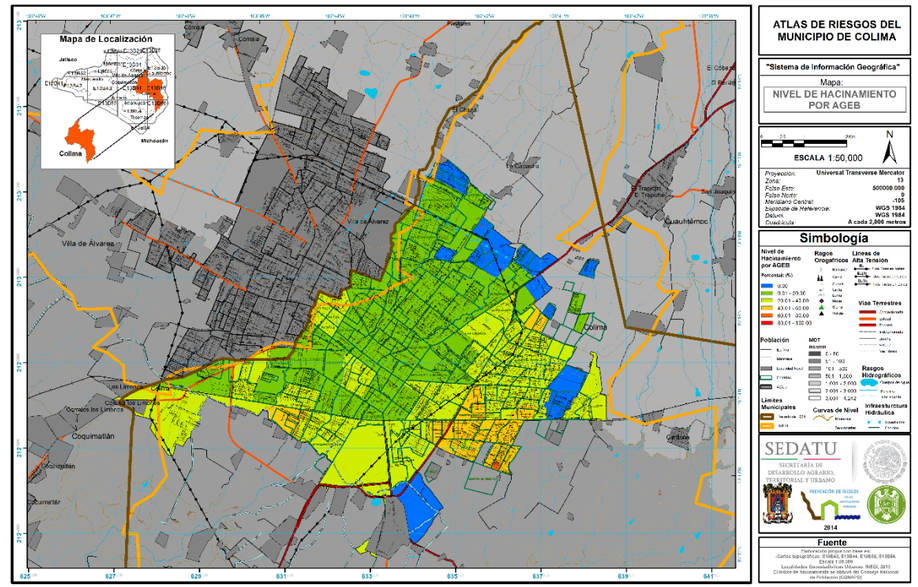


Figura 4.20.- Nivel de hacinamiento por AGEB en la ciudad de Colima.

Como se puede observar en la figura anterior las AGEB con un índice de marginación mayor se concentran en el nororiente y suroriente de zona metropolitana de Colima-Villa de Álvarez.

4.11 POBREZA[77]

De acuerdo con el Informe de pobreza y evaluación en el estado de Colima, 2012, elaborado por el CONEVAL, la población se clasifica en cinco niveles de bienestar, dependiendo de la profundidad de sus privaciones en términos de su nivel de ingresos o del número de carencias sociales, en el país el 46% de la población es pobre, mientras en el estado el 35% de la población corresponde a esta escala. El estado de Colima, con respecto de las 32 entidades del país, ocupó el lugar 25 relativo al porcentaje de población en pobreza y el 30 en porcentaje de población en pobreza extrema. Por lo tanto, Colima se ubica dentro de las 10 entidades con menor pobreza en el país. En el municipio de Colima el nivel de pobreza alcanza el 28% de sus habitantes.

[77] Información obtenida del Informe de pobreza y evaluación en el estado de Colima, 2012. CONEVAL, a través de la página web: http://desarrollosocial.guanajuato.gob.mx/coneval/informe-colima.pdf. Consultado en septiembre de 2014.

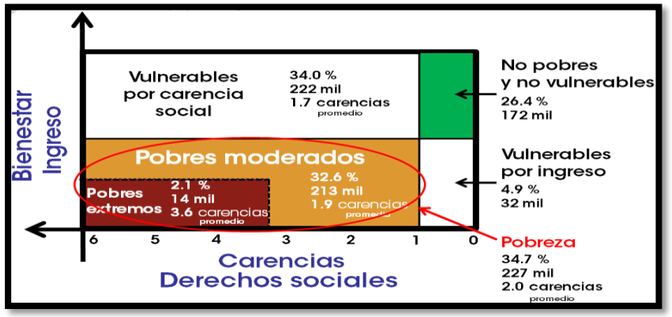


Figura 4.21.- Indicadores de pobreza en Colima, 2010. Fuente: CONEVAL. Informe de pobreza y evaluación en el estado de Colima, 2012, con datos del INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010.

En la siguiente figura se muestra el rango del índice de pobreza de los municipios del estado de Colima, en donde se puede observar que el municipio de Colima se encuentra en un rango de 25-50% de índice de pobreza.

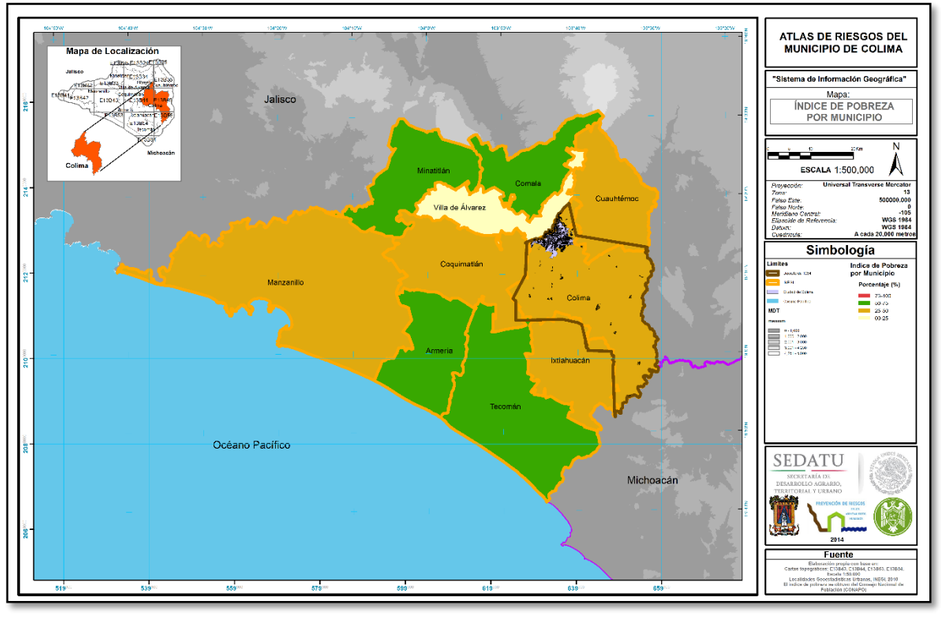


Figura 4.22.- Porcentaje de población en situación de pobreza en Colima, 2010. Fuente: CONEVAL. Informe de pobreza y evaluación en el estado de Colima, 2012, con base en la muestra del Censo de Población y Vivienda 2010. INEGI.

En cuatro municipios el porcentaje de población en pobreza estuvo entre 50 y 75. En estos se concentró 34.0% del total de la población en situación de pobreza en el estado. Esto significa que en 2010, había cuatro municipios de un total de 10 (40%) donde más de la mitad de la población se encontraba en situación de pobreza.

Tabla 4.14.- Pobreza multidimensional del municipio de Colima 2010. Fuente: Plan Municipal de Desarrollo 2012-2015, con datos de CONEVAL y del INEGI 2010.

Indicadores	%	No. de personas	No. de carencias promedio
Población en situación de pobreza	27.9	43,104	1.9
Población en situación de pobreza moderada	26.5	40,933	1.8
Población en situación de pobreza extrema	1.4	2,172	3.4
Población vulnerable por ingresos	4.8	7,499	0.0
Población no vulnerable y no pobre	31.2	48,261	0.0
Privación social			
Población con al menos una carencia social	63.9	98,865	1.7
Población con al menos tres carencias sociales	11.0	16,940	3.4
Indicadores de carencia social			
Rezago educativo	15.4	23,841	2.2
Accesos a los servicios de salud	16.1	24,864	2.4
Acceso a la seguridad social	52.8	81,703	1.8
Calidad y espacios en la vivienda	6.6	10,132	3.0
Acceso a los servicios básicos en la vivienda	2.7	4,251	3.1
Acceso a la alimentación	17.5	27,113	2.6
Bienestar económico			
Población con ingreso inferior a la línea de bienestar mínimo	6.3	9,723	1.8
Población con ingreso inferior a la línea de bienestar	32.7	50,603	1.6

De acuerdo con la información que presenta el CONEVAL, sólo el 1.4% de la población se encuentra en condición de pobreza extrema, es decir, posee un ingreso menor al de la línea de bienestar mínimo y presenta más de 3 carencias de derechos sociales.

4.12 POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA

Los resultados del Censo de Población y Vivienda 2010 muestran que la población económicamente activa (PEA) del municipio de Colima fue de 66,110, con una razón de dependencia por edad de 49, es decir, que por cada 100 personas en edad productiva de 15 a 64 años hay 49 en edad de dependencia, menores de 15 años o mayores de 64 años, solamente por encima del municipio de Villa de Álvarez que presenta una razón de dependencia de 45.8.

En el municipio de Colima 40,075 habitantes de la PEA son hombres y 26,035 mujeres. La población ocupada fue de 63,544 habitantes, 38,243 son hombres y 25,301 mujeres.[78]

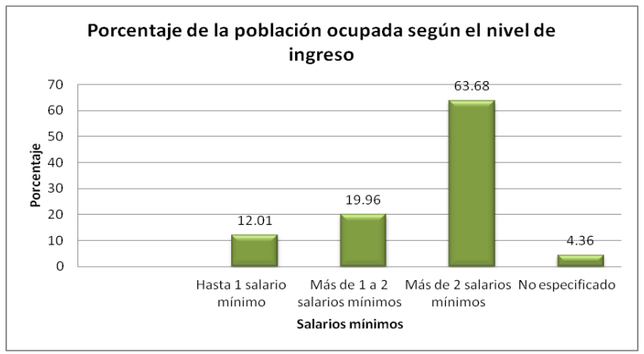


Figura 4.23.- Población ocupada del municipio según nivel de ingresos. Fuente: INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010: Tabulados del Cuestionario Ampliado.

4.12.1 Actividades económicas por sector

De acuerdo al Programa Municipal de Ordenamiento Territorial de Colima (PMOT, 2012), el municipio de Colima dispone hacia el año 2010, de una estructura económica basada en las actividades del comercio y los servicios, es decir, posee una economía local terciarizada.

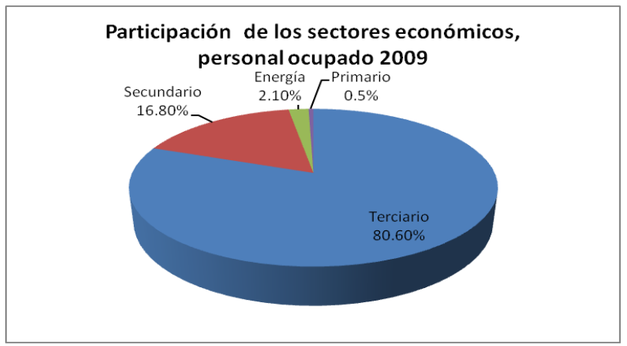


Figura 4.24.- Participación de los sectores económicos. Personal ocupado 2009.

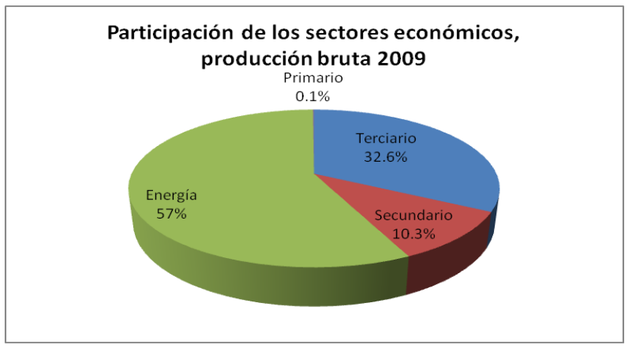


Figura 4.25.- Participación de los sectores económicos. Producción bruta 2009.

[78] Información obtenida del Censo de Población y Vivienda 2010. INEGI, a través de la página web: http://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/proyectos/bd/consulta.asp?p=17118&c=27769&s=est. Consultado en septiembre de 2014.

Así, los recursos locales y en especial el humano están siendo orientados a las actividades terciarias del comercio y los servicios. En el año 2009 estas actividades representaron el 80% del personal ocupado del municipio, es decir, el sector terciario concentra la generación de empleo. Sin embargo, esta contribución predominante del sector terciario en el trabajo local, no ocurre con la misma magnitud en lo que a la generación de riqueza se refiere. Las actividades terciarias del comercio y los servicios sólo aportan un tercio de la producción bruta total municipal y en este ámbito más bien el sector energético es el sobresaliente.

La diferencia entre los niveles de producción bruta y de personal ocupado registrados por el sector servicios sugiere que el municipio tiene una economía local terciarizada de tipo tradicional, es decir conformada por actividades de bajo valor agregado o de baja productividad. Todo esto ayuda también a entender la contribución marginal del sector primario en la generación del empleo y de la riqueza municipal a pesar de las potencialidades naturales del territorio rural: Hacia el año 2009 este sector alcanza tan sólo el 0.3% del personal ocupado. (PMOT, 2012).

Tabla 4.15.- Estructura económica 2009. Fuente: Programa Municipal de Ordenamiento Territorial de Colima, 2012, con datos de Censos Económicos 2004 y 2009.

Sector económico	Personal Ocupado Total (PMOT) en 2009 (%)	Cambio en PMOT 2004-2009(%)	Especialización económica 2009
Actividades agropecuarias	0.30	-22.50	0.32
Minera	0.20	17.40	0.31
Energía eléctrica, suministro de agua y de gas	2.10	361.20	1.8
Construcción	5.90	-4.10	1.7
Manufactura	10.90	33.10	0.47
Comercio al por mayor	7.70	-8.20	1.39
Comercio al por menor	27.20	-4.50	1.09
Transportes, correos, y almacenamiento	2.00	-55.40	0.55
Medios masivos	3.00	36.90	2.04
Servicios financieros y de seguros	0.70	93.90	0.31
Servicios inmobiliarios	1.60	66.30	1.41
Servicios profesionales	3.40	-14.90	1.21
Corporativos	0.00	-67.20	0
Apoyo a los negocios	5.30	-48.80	0.79
Educación	4.50	11.90	1.44
Asistencia social	4.70	42.50	1.63
Servicios de esparcimiento culturales y deportivos	0.90	56.60	0.89
Alojamiento temporal, preparación de alimentos y bebidas	11.00	16.40	1.27
Otros servicios no gubernamentales	8.40	7.60	1.4
Total	100.00%		

4.13 RESERVA TERRITORIAL

De acuerdo al reglamento de zonificación del municipio de Colima 2009, las áreas de reserva urbana son aquellas que corresponden a los terrenos donde se disponga el crecimiento del centro de población. En estas áreas corresponderá a las autoridades municipales promover el desarrollo de obras de urbanización básica, sin las cuales no se podrá autorizar modalidad alguna de aprovechamiento urbano. Se identificarán con la clave RU y el número que las especifica.

Las áreas de reserva urbana se subdividen en:

a) Áreas de reserva urbana a corto plazo: las áreas pertenecientes a la reserva urbana que cuentan con las obras de infraestructura básica, que determinan la disponibilidad de agua potable y la posibilidad de conexión a la red de drenaje sanitario, así como el suministro eléctrico y la conexión al sistema vial, o donde es factible realizarlas de inmediato. Se identifican con la clave de las áreas de reserva urbana más la sub-clave CP;
b) Áreas de reserva urbana a mediano plazo: las áreas pertenecientes a la reserva urbana que son potencialmente urbanizables pero no cuentan con las obras de infraestructura básica a que se refieren el inciso anterior, y no es factible que las autoridades correspondientes proporcionen los servicios de infraestructura, abasto y desecho de manera inmediata. Se identifican con la clave de las áreas de reserva urbana más la sub-clave MP.
c) Áreas de reserva urbana a largo plazo: las áreas pertenecientes a la reserva urbana, que son potencialmente urbanizables pero que no cuentan con las obras de infraestructura básica a que se refieren el inciso a) que antecede y no está programado realizarlas inmediatamente. Se identifican con la clave de las áreas de reserva urbana más la sub-clave LP.

El Instituto de Planeación para el municipio de Colima, en su diagnóstico para la actualización del programa de desarrollo urbano del centro de población de Colima 2010, menciona que de acuerdo al Programa de Desarrollo Urbano de Colima (2000), la ciudad tiene una extensión territorial total de 5,422.01 has de las cuales, al año 2005 el área urbana utilizada representaba el 55.2% con 2,992.66 ha distribuida de la siguiente manera: el 3.91% está identificada como centro de la ciudad, 44.76 % la zona urbana, el 4.53% la zona de equipamiento, 0.78% zona industrial, y el 1.22% corresponde a áreas verdes y el 44.81% restante (2,429.35 ha) se destinaba como área de reserva. La densidad bruta promedio para ese mismo año fue de 24 hab/ha y la densidad promedio del área urbana era de 44 hab/ha.

El resumen de la programación establecida en el Programa de Desarrollo Urbano Colima 2000 muestra que el 44.3% (1001.34 ha) del total de la reserva estimada se programó para el corto plazo, el 32.31% (729.89 ha) para el mediano plazo, y el 23.36% (527.68 ha) para el largo plazo.

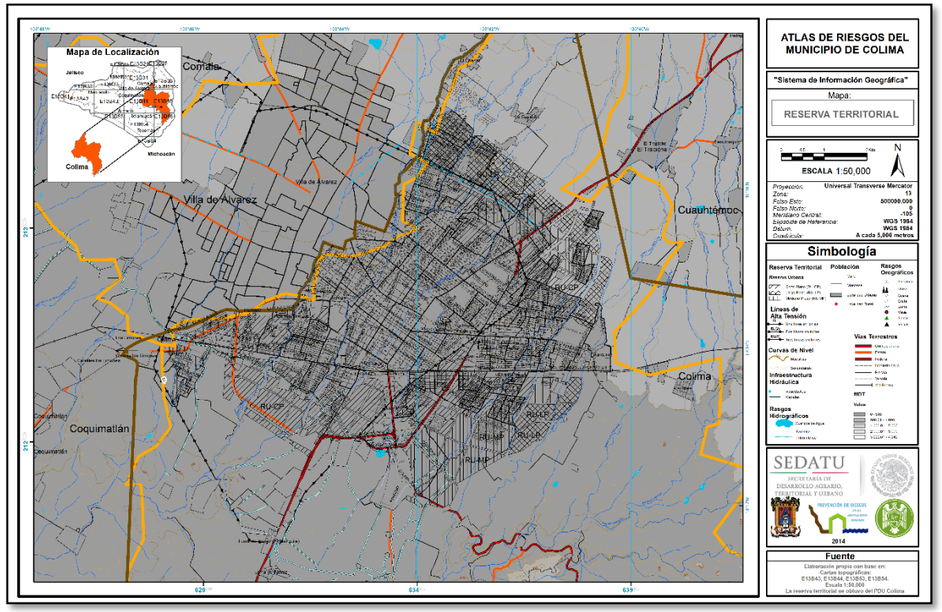


Figura 4.26.- Reserva territorial en la zona urbana de Colima.

Capítulo 5. IDENTIFICACIÓN DE AMENAZAS, PELIGROS, VULNERABILIDAD Y RIESGOS ANTE FENÓMENOS PERTURBADORES DE ORIGEN NATURAL EN EL MUNICIPIO DE COLIMA

En este capítulo se abordan los fenómenos perturbadores de origen natural, identificando su periodicidad, área de ocurrencia y grado o nivel de impacto sobre el sistema afectable para zonificar áreas de determinada vulnerabilidad expuestas a amenazas y peligros.

FENÓMENOS GEOLÓGICOS

Los fenómenos geológicos son manifestaciones naturales recurrentes, que tienen su origen en la dinámica interna y externa de las tres capas concéntricas de la tierra que se conocen como el núcleo, el manto y la corteza, las cuales se registran en distintas formas de liberación de energía. Dentro de estos fenómenos geológicos encontramos a la sismicidad, al vulcanismo y al deslizamiento de terreno.

5.1 *VULCANISMO*

Un volcán es aquel lugar donde la roca fundida o fragmentada por el calor y gases calientes emerge de manera más o menos violenta a través de una abertura desde las partes internas de la Tierra a la superficie. Este material en ocasiones genera una montaña en forma de cono, hecho de lava, ceniza y otros materiales a la cual llamamos volcán. Los volcanes son el resultado de un complejo proceso que incluye la formación, ascenso, evolución, emisión del magma y depósito de estos materiales.[79] El vulcanismo se resume como la manifestación externa de los procesos que ocurren en el interior de la Tierra.

Se puede definir un peligro o amenaza como la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente dañino en un lapso dado. Los resultados de una evaluación inicial de los peligros volcánicos conducen a identificar si un volcán en el área de estudio representa una amenaza, a corto o a largo plazo. Los datos esenciales necesarios para una evaluación adecuada de los peligros volcánicos deben incluir al menos los registros completos de las erupciones históricas; la actividad eruptiva deducida a partir del registro geológico; los datos geológicos (especialmente estratigráficos), petrológicos y geoquímicos sobre la naturaleza, distribución y volumen de los productos eruptivos; y un fechamiento de los productos volcánicos y de los eventos interpretados a partir de los mismos. [80]

La evaluación de los peligros volcánicos generalmente toma como premisa el asumir que en general las mismas áreas en los alrededores de un volcán serán afectadas por eventos similares eruptivos en el futuro a una tasa promedio igual que en el pasado. De esta forma, los peligros volcánicos son más sencillos de manejar en comparación con otros peligros de origen natural, ya que su lugar de origen es puntual y por la extensión limitada del área en la cual existen volcanes activos.

Los mayores desastres han ocurrido en volcanes con muchos años de inactividad. Estos periodos de ausencia de actividad propician el olvido y la falta de interés en la historia eruptiva de estos volcanes, lo que puede traer consigo consecuencias catastróficas.

Aunque es prácticamente imposible disponer de un calendario completo con todas las erupciones de un volcán, debe intentarse al menos la identificación de los periodos de actividad más importantes, y la forma de comportarse de un volcán en el pasado describe la posible actividad precursora y la secuencia de eventos durante una erupción o una secuencia de erupciones, así como el tipo y magnitud de la actividad futura.

---

[79] Bretón González, M. ¡Los volcanes! (2012), Universidad de Colima, p. 9.
[80] Martínez Bringas Alicia, Gómez Vázquez Ángel y De la Cruz-Reyna Servando. Elaboración de Mapas de Peligros Volcánicos, en *Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos* (2004) CENAPRED pp. 99-134.

Contar con el conocimiento de los peligros volcánicos que pudieran presentarse en un volcán determinado, dará como resultado una reducción en pérdidas humanas y económicas. Además, permitirá una mejora en técnicas de construcción de viviendas y edificaciones en general, implementación de medidas restrictivas a la construcción en áreas de peligro y al desarrollo de mejores planes de evacuación y mitigación de desastres.

5.1.1 Las erupciones volcánicas

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

Cuando la presión dentro del magma se libera a una tasa similar a la que se acumula, es decir, cuando el magma puede liberar los gases en solución con facilidad, el magma puede salir a la superficie sin explotar y se tiene una erupción efusiva. Si el magma acumula más presión de la que puede liberar, las burbujas en su interior crecen hasta tocarse y el magma se fragmenta violentamente, produciendo una erupción explosiva.

Las erupciones explosivas pueden producir densas columnas de ceniza que ocasionalmente penetran la estratosfera y alcanzan alturas superiores a los 20 km, estas son las llamadas columnas eruptivas.

5.1.2 Tipos de vulcanismo y erupciones

Es necesario identificar los volcanes, tipo y periodicidad de las erupciones. Existen dos tipos de vulcanismo; el monogenético y el poligenético:

1. **Vulcanismo monogenético**: es aquel en que la erupción ocurre durante una sola etapa, a través de una fisura o boca y construye un pequeño edificio en forma de mar, cono escoriáceo, domo o volcán escudo. Su duración es aproximada y varía de meses a 10 años y es predominantemente efusiva.
2. **Vulcanismo poligenético**: es aquel en el cual se forman edificios volcánicos por la acumulación de materiales emitidos por varias erupciones a lo largo del tiempo geológico. Se producen erupciones con un rango amplio de intensidades. Construye edificios tipo estratovolcán y grandes calderas.

En la Tabla 5.1 se mencionan los tipos de erupciones, el tipo de volcán que las presenta y algunas otras características y ejemplos de volcanes del mundo que lo han presentado.

Tabla 5.1.- Tipos de erupciones y naturaleza de la actividad volcánica.

Tipo de erupción	Ejemplos	Magma	Actividad efusiva	Explosividad	Tipo de volcanes
Hawaiana	Mauna Loa	Caliente (más de 1200°c) baja viscosidad	Lavas extensas a partir de fisuras	Baja	Volcanes escudo, planicies lávicas y erupciones fisurales
Estromboliana	Stromboli y Paricutín	Intermedio, mixto, viscosidad moderada	Lavas escasas, poco extensas	Variable	Conos de lavas y cenizas abruptos
Vulcaniana	Vesubio	Frío (menos de 900°C), viscoso	Lavas escasas, Piroclastos abundantes	Moderada a violenta	Estratovolcanes y calderas
Pliniana y Peleana	Pinatubo y St. Helen	Frío (menos de 900°C), muy viscoso	Piroclastos y domos	Muy violenta	Estratovolcanes y calderas

Actualmente, una de las formas más aceptadas de cuantificar únicamente las erupciones explosivas (no válida para erupciones efusivas), es la escala del Índice de Explosividad Volcánica (VEI, por sus siglas en inglés). Esta escala fue definida por Newhall y Self en 1982, y es una escala compuesta en la que se toman en cuenta diversas características de una erupción como son: el volumen de magma emitido, la energía térmica liberada, el alcance de los productos fragmentados, el grado de destrucción causada, la altura de la columna eruptiva, la duración de la erupción, etcétera.

Tabla 5.2.- Índice de Explosividad Volcánica. Adaptado de Newhall y Self (1982).

VEI	Descripción	Volumen emitido (m^3)	Altura de la columna (km)	Duración en horas	Inyección a troposfera	Inyección a la estratosfera
0	No Explosiva	<10,000	0.1	-1	Mínima	Nula
1	Pequeña	10000 1´000,000	0.1-1	-1	Leve	Nula
2	Moderada	1 a 10 millones	1-5	1-6	Moderada	Nula
3	Moderada a grande	10 a 100 millones	3-15	1-6	Sustancial	Posible
4	Grande	100 a 1,00 millones	10-25	1-12	Grande	Definida
5	Muy grande	1 a 10 km^3	>25	6-12		Significativa
6		1 a 100 km^3		>12		Grande
7		1 a 1,000 km^3				
8		> 1,000 km^3				

5.1.3 Volcanes de México

En México gran parte del vulcanismo está relacionado con la zona de subducción formada por las placas de Rivera y Cocos con la gran placa Norteamericana, y tiene su expresión volcánica en el Cinturón Volcánico Transmexicano (CVT) También conocido como Faja Volcánica Mexicana (FVM). Este Cinturón es una elevación volcánica con orientación este-oeste, que se extiende más de 1,200 km y su ancho varía de 20 a150 km.

El CVT, situado sobre el paralelo 19°, alberga a los principales volcanes activos del país. Su vulcanismo es extremadamente variado, desde actividad efusiva cuyos productos más importantes son los derrames de lava, hasta erupciones altamente explosivas con predominio de depósitos piroclásticos tanto de flujo como de caída. Éste se caracteriza por la diversidad de volcanes, desde grandes estratovolcanes hasta extensos campos de pequeños conos de cenizas y volcanes escudo. Sin embargo, existen otros centros eruptivos en el país que no pertenecen al CVT, como son los volcanes del estado de Chiapas, el volcán Tres Vírgenes en Baja California, cuyo mecanismo de formación es de otro origen.

En México hay más de 2,000 volcanes, de los cuales alrededor de 15 se consideran activos o peligrosos.

De acuerdo con el catálogo de Volcanes de México del Smithsonian Institution (Siebert *et al*, 2003), existen en México 68 volcanes y campos volcánicos clasificados como Cuaternarios o geológicamente recientes (volcanes formados durante la era en que aparece el Hombre, y que comprende los últimos 1.8 millones de años). De especial importancia son los volcanes que han mostrado actividad en los últimos 10,000 años, periodo al que se denomina “Holoceno”.

Los volcanes se clasifican, para efectos del análisis de peligro, de acuerdo con criterios relacionados con sus tasas eruptivas y con las magnitudes que han sido capaces de producir.

La tasa de erupción promedio en México durante los últimos 500 años ha sido de unas 15 erupciones de diversos tamaños por siglo. Si bien la mayoría de esas erupciones han sido de magnitudes bajas, otras han sido destructivas en grado moderado, como las del volcán de Colima de 1818 y 1913, o las del San Martín Tuxtla de 1664 y 1793, o en mayor grado, como la ocurrida en el volcán el Chichón en 1982, que causó numerosas víctimas, devastó 150 km^2 de áreas boscosas y de cultivo y destruyó varios miles de cabezas de ganado.

Otras erupciones, como el nacimiento del volcán monogenético Paricutín, produjeron flujos de lava que provocaron la destrucción de poblaciones y tierras cultivables, pero sin causar víctimas.

Casos análogos de volcanes monogenéticos recientes son el Jorullo, que nació en Michoacán en 1759, y el Xitle, que nació en el valle de México, hace aproximadamente 1,670 años. Los efectos de los flujos de lava del Xitle pueden apreciarse muy claramente en la zona arqueológica de Cuicuilco en el sur del Distrito Federal.

Los 68 volcanes y campos volcánicos Cuaternarios de México se han clasificado bajo los siguientes criterios:

- **Categoría 1**. Se consideran de peligro alto los volcanes que hayan producido erupciones con un Índice de Explosividad Volcánica (VEI por sus siglas en inglés) igual o mayor a 3 con un tiempo medio de recurrencia de 500 años o menos, o que hayan producido al menos una erupción con VEI 3 o mayor en los últimos 500 años.
- **Categoría 2**. Se consideran de peligro medio los volcanes que hayan producido erupciones con VEI igual o mayor a 3 con un tiempo medio de recurrencia mayor que 500 pero menor que 2,000 años, o que hayan producido al menos una erupción con VEI 3 o mayor en los últimos 500 a 2,000 años.
- **Categoría 3**. Se consideran de peligro moderado los volcanes que hayan producido erupciones con VEI igual o mayor a 3 con un tiempo medio de recurrencia mayor que 2,000, pero menor a 10,000 años, o que hayan producido al menos una erupción con VEI 3 o mayor en los últimos 2,000 a 10,000 años.
- **Categoría 4**. Se consideran de peligro latente los volcanes que hayan producido erupciones con VEI mayor a 4 con un tiempo medio de recurrencia mayor a 10,000 años, o que hayan producido al menos una erupción con VEI mayor a 4 en los últimos 100,000 años.
- **Categoría 5**. Se consideran de peligro indefinido los volcanes que hayan producido erupciones con VEI igual o mayor que 3, con un tiempo medio de recurrencia indeterminado (esto es, que sólo exista un dato), o que hayan producido al menos una erupción con VEI 3 en algún momento de su historia holocénica (últimos 10,000 años).

Una última categoría se le ha clasificado como “volcanes con información insuficiente”. Aunque es muy improbable que los volcanes de ésta representen un nivel significativo de peligro, deben ser estudiados para contar con los elementos mínimos para su evaluación definitiva, la que sólo podrá realizarse cuando se cuente con los elementos geológicos que definan las probabilidades de erupción de estos volcanes.

5.1.4 Peligros volcánicos

Se dice que un volcán es *activo*, cuando existe magma fundido en su interior, o cuando existe la posibilidad de recibir nuevas aportaciones de magma y por tanto mantiene el potencial de producir erupciones. Por ello, aún los volcanes que no muestran ninguna manifestación externa pueden ser clasificados como activos o peligrosos. En muchos casos es difícil decir si un volcán es activo o no.

Por lo general, se dice entonces que un volcán es activo si ha mostrado algún tipo de actividad eruptiva relativamente reciente. Esto significa que un volcán que haya presentado actividad durante los últimos diez mil años puede ser considerado “activo”. Sin embargo, este número es convencional, ya que un volcán con once mil años de inactividad no necesariamente está muerto, ni un volcán que haya tenido su última erupción hace 8 ó 9 mil años necesariamente volverá a hacer erupción.

Los volcanes activos no se encuentran dispersos arbitrariamente sobre la superficie de la Tierra, sino que se distribuyen por diferentes regiones definidas por los procesos tectónicos de escala global, como las interacciones de las placas tectónicas que conforman la corteza y las corrientes convectivas del manto terrestre que las mueven.

La actividad volcánica puede tener efectos destructivos, pero también efectos benéficos. Las tierras de origen volcánico son fértiles, por lo general altas, de buen clima, lo que explica el crecimiento de los centros de población en esos sitios. Los habitantes de esas regiones y los usuarios de los servicios disponibles deben adquirir una percepción clara de los beneficios y de los riesgos que implica vivir ahí. Esto es especialmente importante en zonas donde hay volcanes que no han manifestado actividad reciente. Al no existir testigos o documentos de las erupciones, puede formarse entre la población una percepción incorrecta del riesgo volcánico.

En todo el mundo existen alrededor de 1,300 volcanes continentales activos, de éstos, 550 han tenido alguna erupción en tiempos históricos, a lo largo de la historia de la humanidad, y poblaciones asentadas cerca de estos 550 volcanes en distintas partes del mundo han soportado los efectos de la actividad volcánica. El potencial destructivo de los volcanes representa actualmente una amenaza a la vida y propiedades de millones de personas en el mundo.

Es sumamente difícil estimar el valor de los daños materiales ocasionados por las erupciones, pero en algunos casos éstas han involucrado la pérdida de ciudades enteras, la destrucción de bosques y cosechas, y el colapso de las economías de las regiones afectadas por largos periodos.

Para tratar el problema de los daños provocados por fenómenos naturales y buscar soluciones que permitan reducir su impacto, es necesario proceder metódicamente. En primer lugar se requiere definir y cuantificar los conceptos que relacionan a los fenómenos naturales con su impacto sobre la sociedad.

Muchos de los procesos geológicos que tienen su origen en los volcanes son potencialmente peligrosos.

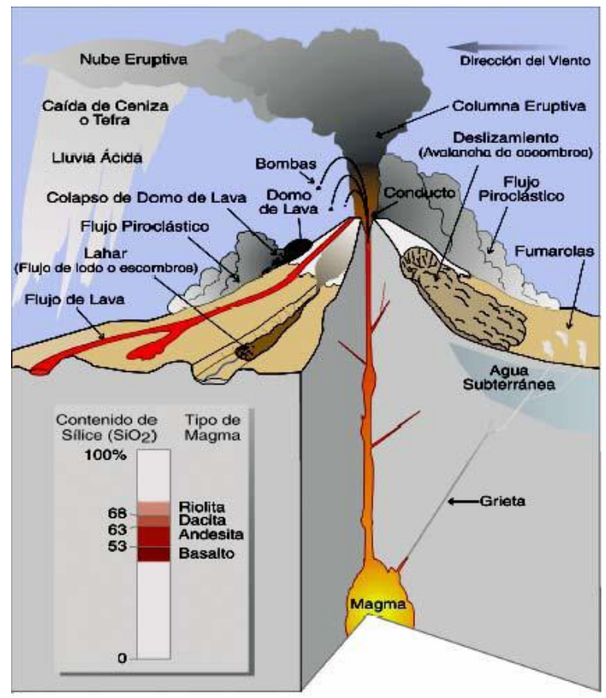


Figura 5.1.- Esquema general de los peligros volcánicos. Tomado del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS). Reduciendo el riesgo de los peligros volcánicos.

a) Cenizas volcánicas y efectos

Las cenizas volcánicas es lava que ha sido molida y convertida en polvo o arena por erupciones volcánicas. Durante una explosión, los fragmentos más gruesos caen rápidamente en las cercanías del volcán, sólo la ceniza más fina es arrastrada por el viento a grandes distancias que van de cientos hasta miles de kilómetros, y puede afectar áreas muy extensas y a un gran número de personas.

La caída de cenizas puede provocar alguno de los siguientes efectos: el agravamiento de enfermedades pulmonares, trastornos gastrointestinales por la ingestión de agua y alimentos contaminados con flúor y posiblemente con metales pesados (arsénico, mercurio, etcétera); daños oculares como conjuntivitis y abrasiones en la córnea.

Las cenizas obstruyen las corrientes de agua, presas, alcantarillas, plantas de aguas residuales y todo tipo de maquinaria. Las cenizas se amontonan en carreteras, vías férreas y senderos ya demás puede ser resbalosa.

Capas de cenizas de 2 a 3 cm. de espesor pueden causar el colapso de techos con pendientes menores a 20°, así como en estructuras de mala calidad. Las cenizas secas tienen un peso de 400-700 kg/m^3, la lluvia puede incrementarlo de un 50 a un 100%. Una capa de cenizas de 10 cm de espesor representará una carga extra de 40-70 kg/m^2 si está seca, y de 100-125 kg/m^2 si está húmeda.

Una densa caída de cenizas altera el suministro de energía. La repentina demanda multitudinaria de luz puede hacer que el servicio eléctrico se agote o falle. Los equipos electrónicos pueden sufrir importantes daños, cortocircuitos e interferencias de radio y televisión.

Los efectos sobre la agricultura dependen del tipo de cultivo, de su grado de desarrollo y evidentemente del espesor de la capa de cenizas caída. Sin embargo, en climas cálidos la vegetación se recupera en muy poco tiempo. Pueden ocasionar accidentes de automóviles (debido a que las carreteras se tornan resbaladizas y disminuye la visibilidad). Finalmente, las cenizas lanzadas en una erupción afectan el tráfico aéreo, ya que al atravesar las nubes de vapor y cenizas, los motores de los aviones pueden apagarse.

De las mediciones de la acumulación de cenizas producidas por erupciones recientes de tipo pliniano, se han obtenido en promedio los siguientes espesores: hasta una decena de metros en la zona cercana al cráter (menos de 12 km), de 20 a 50 cm a distancias de entre 12 y 35 km y de 5 a10 cm hasta distancias de 85 km. Para la determinación del impacto de las cenizas en una región determinada, se requiere información adicional de patrones de viento locales.

El viento y el tipo de erupción son los dos factores principales que controlan la dispersión de la ceniza de un volcán que entra en erupción. El tipo de erupción determinará el volumen y el tamaño de la ceniza (Figura 5.2), así como la variedad de altitudes a la cual la ceniza es propulsada.

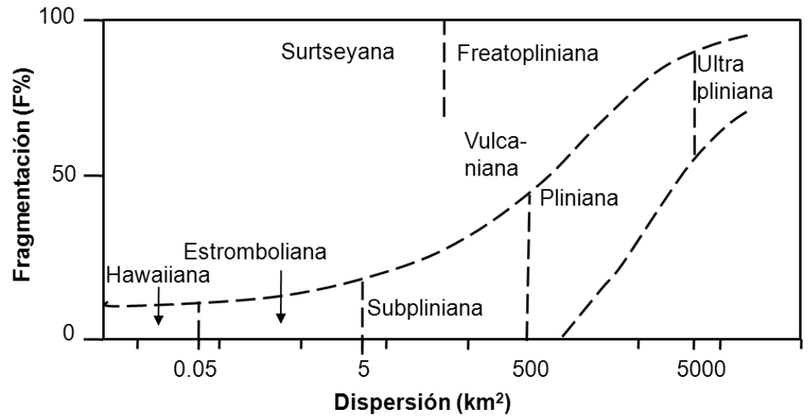


Figura 5.2.- Distancia alcanzada por la ceniza desde el centro de emisión de acuerdo al porcentaje de fragmentación y tipo de erupción.[81]

[81] Martínez Bringas, Alicia, *et al*. (2004), p. 109.

b) Flujos piroclásticos

Los flujos piroclásticos son uno de los fenómenos más destructivos que se pueden presentar en un volcán en actividad. Los flujos piroclásticos son mezclas calientes de gases, cenizas y fragmentos de roca, que descienden por los flancos del volcán a velocidades de hasta más de 100 km por hora, con temperaturas por lo general arriba de 100 °C. La parte inferior y más densa del flujo se arrastra por el fondo de las barrancas y los valles, mientras que la parte superior, menos densa, puede sobrepasar los valles y alcanzar alturas importantes sobre el fondo de los valles e inclusive sobrepasar relieves topográficos importantes.

Durante la generación de un flujo piroclástico, es prácticamente imposible que cualquier cosa que se encuentre a su paso se salve ya sean construcciones o seres vivos. El flujo es capaz de arrasar con construcciones bien edificadas y hasta con bosques enteros, sin dejar nada de pie, y puede llegar a viajar distancias que van del orden de metros a kilómetros.

c) Lahar o flujos de lodo

Lahar es una palabra de origen indonesio que describe a un flujo de lodo (*mudflow*) o a un flujo de escombros (*debrisflow*) que se originan en las pendientes de los volcanes cuando capas inestables de cenizas y escombros se saturan de agua y fluyen pendiente abajo por los barrancos y cauces de los ríos que tienen sus cabeceras en las laderas del volcán.

La generación de los lahares puede estar ocasionada por diversos motivos: fusión de glaciares, lluvias torrenciales, escorrentías superficiales, deshielo, rotura de lagos y otros. En el volcán de Fuego de Colima se deben a lluvias torrenciales.

Tanto los flujos de lodo como los de escombros contienen una concentración alta de roca volcánica que da a estos la fuerza interior necesaria para transportar las rocas más grandes y para ejercer fuerzas de impacto sumamente altas contra los objetos en su camino. Los flujos de escombros son más ricos en bloques y menos cohesivos que los flujos de lodo.

Los lahares comprenden una mezcla de materiales volcánicos (rocas, cenizas, pómez, escoria), mayoritariamente cenizas, movilizadas por el agua proveniente de la fusión del casquete glaciar, de un lago cratérico o por fuertes lluvias. El agua se mezcla con el material volcánico suelto que se encuentra en su camino y se transforma rápidamente en un flujo muy móvil con características similares al concreto utilizado en la industria de la construcción.

Dada la densidad de esta mezcla, estos flujos pueden transportar grandes bloques de roca (de hasta varios metros de diámetro) y otros objetos como puentes, casas, árboles y vehículos. Son fenómenos muy destructivos, que pueden recorrer distancias muy grandes, pudiendo superar fácilmente los 100 km. Se han observado velocidades de 40 a 100 km/h en lahares históricos. El principal peligro para la vida humana es el enterramiento o el impacto de bloques y otros escombros. Las edificaciones y otros bienes que estén en el camino del flujo son destrozados, enterrados o arrasados. Se debe evacuar, aunque en ocasiones basta subir unos cuantos metros para estar a salvo.

d) Ondas de presión o de choque

Se originan durante las erupciones explosivas debido al rápido movimiento del material, su energía disminuye con la distancia desde su centro de emisión, pero pueden llegar a tener la energía suficiente para causar daños a estructuras distantes. Erupciones moderadas pueden producir pequeños daños a distancias mayores de 10 km del volcán, especialmente rotura de cristales y heridas al proyectarse éstos. En la erupción del Volcán Tambora en Indonesia, en 1815, se reportó una onda de choque que produjo la ruptura de vidrios de ventanales ubicados a 400 km de distancia.

e) Derrumbe del edificio volcánico y avalanchas de escombros

Las avalanchas de escombros son grandes deslizamientos que pueden ocurrir en un volcán, producidos por la inestabilidad de los flancos del mismo. Este tipo de fenómeno puede producirse por una intrusión de magma en el edificio volcánico, por un sismo de gran magnitud o por el debilitamiento de la estructura del volcán, produciéndose la destrucción parcial del mismo. Las avalanchas de escombros son muy móviles. La mayor parte de los estratovolcanes han sufrido al menos un evento de este tipo durante su historia geológica, y en el Volcán de Fuego de Colima este tipo de eventos no ha sido la excepción, contabilizándose al menos una avalancha de escombros en un pasado geológico reciente menor a 2,500 años.

Las avalanchas pueden alcanzar grandes dimensiones que provocan la destrucción total de lo que encuentra a su paso. El alcance es de pocas decenas de kilómetros, aunque en ocasiones, debido a la acción de la gravedad, el material puede llegar a recorrer distancias de hasta 100 km y cubrir varios cientos de kilómetros.

f) Flujos o coladas de lava y domos

Es la manifestación volcánica más conocida, y presentan poco riesgo para las personas. Los flujos de lava son derrames de roca fundida, originados en un cráter o en fracturas de los flancos del volcán, que descienden por los flancos y las barrancas del mismo a bajas velocidades. La lava avanza a bajas velocidades, que disminuye conforme se va enfriando hasta sólo unos pocos metros por hora o por día. Estos flujos generan daño parcial o la destrucción total a las construcciones, por enterramiento, trituración o incendio. Los domos de lava actúan en ocasiones como "tapones" que dificultan la liberación de gases desde el interior del volcán, dando lugar a explosiones que pueden producir a su vez flujos piroclásticos.

g) Sismos volcánicos

Los sismos volcánicos son de magnitudes pequeñas y raras veces ocurren en sitios alejados del volcán. Cuando un sismo es de origen volcánico, el movimiento de la tierra es rápido. Los daños producidos por ellos son insignificantes, pero es importante destacar que muchas zonas volcánicas también son zonas sísmicas. Los efectos dañinos de los sismos volcánicos generalmente se detectan en las áreas aledañas, cerca de 10 km del cráter. Sin embargo, éstos pueden tener como consecuencia eventos tales como avalanchas de escombros, o contribuir en eventos como el colapso estructural del volcán mismo como ocurrió en la erupción de Mont. St.Hellens en 1980.

h) Gases volcánicos

Los volcanes emiten gases durante las erupciones, incluso si el volcán no está en erupción, las grietas del subsuelo facilitan el movimiento de los gases hacia la superficie a través de pequeñas aberturas por medio de las llamadas fumarolas. En ocasiones, la liberación de los gases se produce en grandes cantidades. Más del 90% de todo el gas emitido por los volcanes es vapor de agua, el cual en su gran mayoría es agua subterránea proveniente de lluvias y ríos.

Otros gases volcánicos comunes son el dióxido de carbono (CO_2), dióxido de azufre (SO_2), y varios otros compuestos de cloro (Cl), flúor (F), monóxido de carbono (CO), y nitrógeno (N). El gas dióxido de azufre puede reaccionar con las gotas de agua de la atmósfera y producir lluvia ácida, lo cual ocasiona corrosión y daños a la vegetación. El dióxido de carbono es más pesado que el aire, por lo que puede asentarse o mantenerse en áreas bajas en concentraciones letales para la gente y los animales.

i) Tsunamis volcánicos

La mayoría de los tsunamis se originan por terremotos en el fondo del mar; sin embargo, decenas de tsunamis históricos de origen volcánico han causado numerosas muertes y grandes daños a las propiedades a lo largo de las playas marinas y lacustres, aun a grandes distancias de las erupciones. Algunos volcanes en el mundo han producido olas de hasta 35 metros de altura, causando grandes pérdidas materiales y humanas (Volcán Krakatoa, Indonesia, 1883). Se conocen algunos mecanismos que pueden producir dichos tsunamis volcánicos como son los sismos volcánicos, explosiones, colapsos o hundimientos, deslizamientos, lahares o flujos piroclásticos que entran en contacto con aguas y ondas de choque atmosféricas que se acoplan al mar.

5.1.5 Metodología

Los resultados de una evaluación inicial de los peligros volcánicos conducen a identificar si un volcán en el área de estudio representa una amenaza, a corto o a largo plazo. Los datos esenciales necesarios para una evaluación adecuada de los peligros volcánicos deben incluir lo siguiente:

a) Registros completos de las erupciones históricas.
b) Actividad eruptiva deducida a partir del registro geológico.
c) Datos geológicos (especialmente estratigráficos), petrológicos y geoquímicos sobre la naturaleza, distribución y volumen de los productos eruptivos.
d) Fechamiento de los productos volcánicos y de los eventos interpretados a partir de los mismos.

En conjunto todos estos datos permiten la reconstrucción del comportamiento eruptivo del volcán en el pasado, lo cual provee la base para evaluar los peligros potenciales de futuras erupciones.

Al establecer un registro estratigráfico está implícita la clasificación del tipo de volcán en términos de la morfología y características eruptivas. También está implícita la necesidad de determinar los tipos de roca de los depósitos volcánicos, pues ambos son indicadores de la propensión a explosiones violentas.

Las evaluaciones de los peligros volcánicos generalmente toman como premisa el asumir que en general las mismas áreas en los alrededores del volcán serían afectadas por eventos similares eruptivos en el futuro a una tasa promedio igual que en el pasado. Por esta razón, mientras más largo sea el periodo de tiempo que abarca la base de datos utilizada para reconstruir el comportamiento eruptivo pasado, más útil y confiable será la evaluación resultante de los peligros volcánicos.

Los datos sobre vientos (dirección predominante y velocidad) son relevantes en la evaluación de peligros de caída de tefra. La topografía y los estudios interpretativos de suelos son importantes para la evaluación de tefra, flujo piroclástico y peligros de lahares. La ubicación de reservorios y otras fuentes principales de agua que pueden causar inundaciones o contribuir al movimiento de los lahares, son datos de importancia especial para la mitigación de los peligros volcánicos.

El “peligro” o “amenaza” está relacionada con la posible ocurrencia de un fenómeno físico de origen natural, que puede manifestarse en un sitio y durante un tiempo de exposición prefijado. Técnicamente, se expresa como la probabilidad de exceder un nivel de ocurrencia de un evento con un nivel de severidad, en un sitio específico y durante un periodo de tiempo.

Desafortunadamente, debido a la complejidad de los sistemas físicos en los cuales un gran número de variables pueden condicionar el proceso, la ciencia aún no cuenta con técnicas que le permitan modelar con alta precisión dichos sistemas y por lo tanto los mecanismos generadores de cada una de las amenazas. Por esta razón, la evaluación de la amenaza, en la mayoría de los casos, se realiza combinando el análisis probabilístico con el análisis del comportamiento físico de la fuente generadora, utilizando información de eventos que han ocurrido en el pasado y modelando con algún grado de aproximación los sistemas físicos involucrados. En otras palabras, para poder cuantificar la probabilidad de que se presente un evento de una u otra intensidad durante un periodo de exposición, es necesario contar con información, lo más completa posible, del número de eventos que han ocurrido en el pasado y de la intensidad que tuvieron los mismos.

El peligro o amenaza volcánica alrededor de un volcán puede representarse de varias formas. La más utilizada se basa en el principio de que un volcán activo es capaz de repetir o exceder lo que ha hecho en el pasado. Igualmente, es importante diferenciar entre un "evento posible" y un "evento probable", puesto que el primero se refiere a un fenómeno que puede suceder, mientras que el segundo se refiere a un fenómeno esperado debido a que existen razones o argumentos técnico-científicos para creer que ocurrirá o se verificará en un tiempo determinado.

Por otra parte, es común en la literatura técnica utilizar el concepto de "periodo de retorno" o intervalo de recurrencia de un evento, que corresponde al tiempo "promedio" entre eventos con características similares en una región. Este es un concepto estadístico importante de tener en cuenta, ya que en ocasiones se tiene la idea errónea de que este intervalo es determinista; como ejemplo, si el periodo de retorno de una erupción volcánica es de 250 años y hace diez que se presentó, esto no significa que falten otros 240 años para que se repita (Fiske 1984).

Evaluar la amenaza es "pronosticar" la ocurrencia de un fenómeno con base en: el estudio de su mecanismo generador, el monitoreo del sistema perturbador y/o el registro de eventos en el tiempo. Un pronóstico puede ser a corto plazo, generalmente basado en la búsqueda e interpretación de señales o eventos premonitorios; a mediano plazo, basado en la información probabilística de parámetros indicadores, y a largo plazo, basado en la determinación del evento máximo probable en un periodo de tiempo.

Es importante diferenciar la amenaza o peligro del evento que la caracteriza, puesto que la amenaza significa la potencialidad de la ocurrencia de un evento con cierto grado de severidad, mientras que el evento en sí mismo representa al fenómeno en términos de sus características, su dimensión y ubicación geográfica.

Al analizar la amenaza o peligro volcánico debe empezarse por definir el intervalo de tiempo considerado. Un criterio podría ser el considerar todos aquellos eventos que pudieran producirse en los próximos 50 ó 60 años. Es necesario destacar la importancia que tiene establecer una buena base cronológica de los eventos ocurridos con anterioridad, con el fin de poder determinar con la menor incertidumbre los posibles periodos de retorno de cada uno de los eventos. Sin embargo, se debe tener en consideración que son pocos los volcanes en los que se puede disponer de un catálogo completo de erupciones, en general sólo se contará con unos pocos centenares de años de historia.

La mayoría de los volcanes entran en erupción en intervalos de tiempo irregulares. El tiempo transcurrido entre dos erupciones se conoce como tiempo de reposo y el tiempo de erupción corresponde a la duración de la misma.[82]

5.1.6 El Complejo volcánico de Colima

El Complejo Volcánico de Colima (CVC) está localizado en el sector Occidental del CVT en un área llamada Bloque de Jalisco, el cual está limitado al Norte y al Este por la triple unión continental de tres zonas de rift caracterizadas por fallas normales y bloques con rotación: El rift o graben Tepic-Zacoalco, el rift de Chapala, y el rift Sayula/Norte de Colima y por el Oeste y Sur por la trinchera Mesoamericana. La pared Oeste del graben de Sayula-norte de Colima muestra un relieve neto de 1,700 m con al menos 700 m de plano de falla expuesto y un relleno sedimentario intra-graben de 1,000 m (Allan, 1986). La mayoría del bloque de Jalisco está constituido por el Batolito de Puerto Vallarta (100-75 Ma., Schaaf, *et al*., 1995) el cual ha experimentado una cantidad substancial de levantamiento desde su emplazamiento (Rosas-Elguera *et al*., 1996).

La actividad tectónica extensional en estas zonas de rift por al menos 10 millones de años, ha dejado un desplazamiento total de 1.5 a 3.5 km (Allan, 1986), la separación del bloque de Jalisco de la placa Norte Americana (Luhr *et al*., 1985; Allan, 1986; Allan *et al*., 1991) y su transferencia hace aproximadamente 14 millones de años a la placa Pacífico (Luhr *et al*., 1985; Barrier *et al*., 1990) posiblemente en un sentido similar al que pasó durante la formación del Golfo de California. No obstante, en el área del graben de Colima, el espesor de la corteza continental es de entre 30 a 46 km, esto no es necesariamente tan delgada como en las regiones adyacentes (Urrutia-Fucugauchi y Molina-Garza, 1992). En el área del Bloque Jalisco, la tectónica extensional se encuentra sobreimpuesta a la tectónica compresional causada por la subducción de la placa Rivera bajo la placa Norteamericana. Actualmente la región del bloque Jalisco se localiza al Oeste de la zona de interacción de las placas Rivera, Cocos y Norteamericana. La placa Rivera es convergente en aproximadamente 2.4 cm/año mientras que en la región del bloque Jalisco, la parte NW de la placa de Cocos es convergente a una tasa de aproximadamente 4.8 cm/año (Pardo y Suárez, 1995).

La compleja tectónica extensional y compresional de los límites norte y oriental del bloque Jalisco, ha sido responsable por algunos de los mayores sismos registrados en la región de la trinchera Mesoamericana. Aunque la sismicidad relacionada a la subducción de la placa Rivera es baja, al menos 6 terremotos con Ms>7.0 han ocurrido desde 1837, incluido el gran terremoto de Jalisco en 1932 de Ms=8.2, el mayor sismo registrado históricamente en México (Eissler y McNally, 1984; Singh *et al*., 1985; Pardo y Suárez, 1995). Grandes terremotos relacionados a la subducción de la placa de Cocos en el área del bloque Jalisco han ocurrido incluyendo el sismo de Colima de 1973 (Ms=7.5) el cual causo grandes daños en la ciudad costera de Tecomán, Col., y el terremoto de Manzanillo de Octubre 9 de 1995, el cual causo grandes daños estructurales por efecto de licuefacción además de pérdidas de vidas (Mw= 7.9, y al menos 48 muertes, Ramírez, *et al*., 1995). Deformación en la corteza en el bloque Jalisco ha generado también sismicidad histórica; por ejemplo, el sismo de 1568 Mw= 7 (Suárez *et al*., 1994).

[82] Para la elaboración de este apartado se tomó como referencia lo indicado en las Bases para la estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos… de SEDATU, 2014. Asimismo, se consideró el trabajo de Martínez Bringas, *et al*., Elaboración de Mapas de Peligros Volcánicos, en Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos (2006) CENAPRED pp. 99-134.

a) Marco Geológico[83]

El Complejo Volcánico de Colima consiste de una cadena orientada N-S de tres principales centros volcánicos, el más antiguo y erosionado Volcán Cántaro (2,900 m) al norte, el ahora extinto y gran volcán compuesto Nevado de Colima (4,300 m) al sur del Cántaro, y el activo estratovolcán Volcán de Fuego de Colima (3,860 m) al sur y cercano (~170 km) a la zona de subducción en la Trinchera Mesoamericana. El Nevado de Colima y el Volcán de Fuego forman una cadena N-S de volcanes en pareja con el más reciente vulcanismo concentrado hacia el sur como el Iztaccíhuatl y Popocatépetl en la parte central del Cinturón Volcánico Transmexicano (CVT) y el Cofre de Perote y el activo Pico de Orizaba (Citlaltépetl) en el oriente del CVT. Otros pares de estratovolcanes andesíticos con el más activo localizado cerca a la trinchera han sido descritos en Guatemala por (Newhall *et al*., 1987), en Chile (Francis *et al*., 1972) y Japón (Nakamura, 1978).

La migración del vulcanismo a lo largo de estas tres cadenas en el CVT ha servido para mantener un bien definido frente volcánico migratorio al sur a través del Cuaternario. (Gill, 1981) y otros señalaron que los frentes volcánicos relacionados a arcos de subducción típicamente yacen a aproximadamente 100 km arriba de la zona de Benioff a pesar del ángulo de subducción, implicando que la generación del magma es disparada por una reacción dependiente de la presión a esa profundidad. Por consiguiente, la migración en dirección a la trinchera del vulcanismo en el CVT puede reflejar un ángulo inclinado en la subducción de las placas Rivera o Cocos, sin embargo no existen evidencias geofísicas que apoyen esta noción.

Las edades K-Ar más válidas de Allan (1984; 1986) indican que el vulcanismo dacítico calco-alcalino asociado con la formación del volcán Cántaro y bocas relacionadas abarcan un período de tiempo desde 1.7 millones de años a 0.6 millones de años. Aproximadamente 15 km al sur del Volcán Cántaro, el mayor volcán compuesto del área, el Nevado de Colima (300-500 km^3) inicia su actividad hace aproximadamente 0.53 millones de años, y varias fases eruptivas formadoras de calderas han sido reconocidas (Robin *et al*., 1987). Evidencias obtenidas, según Robin *et al*., (1984, 1990), indican que el Nevado de Colima estuvo activo posiblemente aproximadamente hace unos 8,000 años. Stoopes y Sheridan (1992) interpretan un voluminoso depósito de avalancha de escombros (22-33 km^3) que ellos fechan por C^{14} en aproximadamente 18,500 años y alcanzó la costa del Pacífico originado a partir del colapso lateral del tercer edificio del Nevado (definido en Robin *et al*., 1984; 1987).

El cono menor (cercano a 12 km^3) un volcán compuesto y activo, el volcán de Fuego de Colima, fue construido en tiempos del Pleistoceno Tardío en las pendientes septentrionales del edificio mucho mayor del Nevado de Colima. No existen fechamientos K-Ar publicados para las lavas del volcán de Colima, aunque Robin *et al*., (1987) hablan de una edad intuitiva de 50,000 años o menos. Consiste de al menos dos edificios principales, un antiguo edificio Paleo-Fuego que pudo haber tenido una elevación superior a los 4,100 m antes de que colapsara en los últimos 10,000 años para formar una depresión lateral en forma de herradura dentro de la cual creció un nuevo cono activo a una altura de 3,860 m con pendientes por arriba de los 36-40°. Luhr y Prestegaard (1988) han interpretado la edad de este colapso hace aproximadamente 4,300 años B.P., pero Robin *et al*. (1987) dan una edad más antigua de alrededor de 9,700 años. Komorowski *et al*. (1993; 1994; 1996; 1997) sugieren una edad mucho más joven, 2,500 años para el último evento de colapso del edificio y por lo tanto la edad para el presente cono activo. Además, Komorowski (1997) ha interpretado el actual escarpe vertical de colapso lateral conocido como la pared caldérica del Playón como el resultado multifásico de colapsos del edificio volcánico.

Finalmente, conos de escoria y lava alcalina de edad Pleistoceno Tardío son muy comunes en las pendientes bajas alrededor de los volcanes Nevado y Cántaro y en el fondo del graben de Colima, cerca de ciudad Guzmán. Ellos son vinculados a una tectónica más extensional (Luhr y Carmichael, 1981). Un modelado geomorfológico de degradación de conos cineríticos en el área de Colima por Hooper (1995) sugiere una edad de 0.250 millones de años para el más antiguo cono cinerítico en el área.

La alta topografía que rodea al E, S, y SW del volcán de Fuego está formado de rocas Jurásicas y principalmente de calizas Cretácicas plegadas y localmente afalladas, además de otras rocas sedimentarias marinas (clásticas y de facies evaporíticas), basaltos de arco Cretácicos, e intrusivos granodioríticos a graníticos de edad Cretácico a Cuaternario (Pantoja-Alor y Barraza, 1986; Salazar, 1983; Sloan,1989; Smith,1990; Michaud *et al*., 1989; Quintero, 1995, Rosas-Elguera *et al*., 1996). La cuenca de Colima fue rellenada con varios cientos de metros de gravas y sedimentos coluviales de edad Plio-Pleistoceno y volcaniclastos incluyendo depósitos primarios de avalancha de escombros volcánicos de edad Pleistoceno y Holoceno del Complejo Volcánico de Colima. Pozos de exploración petrolera perforados por PEMEX cerca de la ciudad de Colima y Tepames (pozos: Colima-1, Tepames-1, y Jalisco-1) cruzaron a través gruesas secuencias (3.5 km) de unidades carbonatadas y volcánicos antiguos antes de finalizar en una secuencia de lavas andesíticas y tobas, probablemente parte de la Formación Tecalitlán del Cretácico (Grajales-Nishimura y López-Infanzón, 1983).

[83] The Colima Volcanic Complex. Komorowski, J.C, *et al*., IAVCEI General Assembly. Puerto Vallarta-México. Enero 19-24, 1997.

Komorowski *et al*. (1997) presentaron evidencias sobre la existencia de al menos 5 depósitos de avalancha que se emplazaron hacia el suroeste, sur y sureste, con edades de 2,365, 3,060, 6,990, 9,670 y 13,275 años antes del presente. Esto sugiere que los volcanes de Colima han colapsado varias veces en los últimos 45,000 años. Tres zonas se definen con depósitos de avalancha que se asocian al volcán Paleofuego: una zona lejana, una intermedia y una tercera ubicada al sur-suroeste del volcán de Fuego de Colima. La zona lejana, ubicada a 40 km al sureste del volcán de Fuego, representa el depósito de avalancha más antiguo, asociado con el colapso gravitacional del antiguo volcán Paleofuego. El depósito de esta avalancha forma una serie de montículos (hummocks) al noreste y sureste de Coquimatlán en la cota 400 msnm. De la misma forma, en el km 9 de la autopista Colima-Manzanillo (Loma de Fátima) el depósito de avalancha forma una serie de montículos pequeños alargados en dirección del flujo, y cubre una superficie de aproximada de 445 km^2, con un espesor promedio de 20 m y un volumen de 8.9 km^3.

La zona intermedia posee la mayor área cubierta por depósitos de avalancha de escombros asociados a colapsos gravitacionales del volcán Paleofuego de Colima. Estos depósitos cubren una superficie aproximada de 586 km^2 hacia el suroeste y sureste del actual volcán de Fuego, con un volumen estimado de 30 km^3. En el área más lejana, que comprende entre los 15 y los 30 km, los depósitos de avalancha definen una topografía de lomeríos pequeños de pendiente suave, algunos de ellos alargados en dirección del flujo, con escalonamientos que presentan paredes en algunas decenas de metros de altura. Estos depósitos se caracterizan por presentar grandes fragmentos del edificio volcánico, que incluye bloques de lava que miden algunas decenas de metros.[84]

b) Petrología y Geoquímica[85]

En general las rocas del Complejo Volcánico de Colima son andesitas básicas calcoalcalinas a andesitas silíceas con presencia de anfíboles. Una tendencia al decremento en contenido de sílice en las lavas eruptadas de norte a sur ha sido documentada en Colima y es correlacionada con una tendencia al incremento en la tasa de erupción (Luhr y Carmichael, 1990b). Los conos de escoria del graben de Colima son basaltos alcalinos de la familia de las basanitas y minettes (Luhr y Carmichael, 1981). Estos dos tipos de vulcanismo, alcalino y calco-alcalino han ocurrido coetaneamente en la región del graben de Colima por al menos 4.6 millones de años. Los primeros productos calcoalcalinos en el graben de Colima fueron eruptados hace 10 millones de años (Allan y Carmichael, 1984).

Los productos volcánicos del Cántaro son andesitas silíceas calcoalcalinas y dacitas con un rango en contenido de SiO_2 entre un 58 a un 64 wt % (Luhr y Carmichael, 1990 a). Los productos del Nevado de Colima y Volcán de Colima son andesitas básicas porfiríticas con presencia de anfíboles a andesitas con un 56 a un 62 wt% de SiO_2 (Luhr y Carmichael, 1990 b) con pocas dacitas. Estudios recientes (Luhr 1993) han mostrado que las lavas (Estado I) eruptadas antes del último colapso del volcán de Fuego de Colima son más ricas en sílice que aquellas eruptadas a partir del colapso (lavas Estado II) siguiendo un patrón similar de composición de lava en su evolución con el tiempo para las lavas del Nevado de Colima (Luhr, 1993). Las variaciones en la geoquímica de elementos de tierras raras de estas lavas sugieren un cambio en la relativa contribución de los orígenes magmáticos a los magmas eruptados, con un decrecimiento en la contribución de la placa subducida pero con un incremento en aquellos aportados por la cuña del manto posterior al colapso del edificio (Luhr, 1993). La escoria eruptada en tiempos Holocénicos por el volcán de Colima concurrentes con las lavas de los estados I y II no obstante son en promedio significativamente más básicas en composición (51-59 wt% SiO_2) (Luhr, 1993).

Luhr y Carmichael (1990) y Robin *et al*., (1991) han propuesto diferentes interpretaciones para la ocurrencia de aparentes ciclos petrológicos para el magma eruptado en tiempos históricos. A pesar de sus últimas interpretaciones en términos de ciclos volcánicos, lo que es importante es que la actividad efusiva de domo y flujo de lava está caracterizada por la emisión de andesitas con un promedio de contenido de SiO_2 del 61 wt%, mientras que el magma eruptado en violentas erupciones explosivas tales como 1818, 1890 y 1913 son significativamente más básicas con un 58-59 wt % de SiO_2. Además, los productos de estas erupciones explosivas a menudo muestran evidencias petrológicas y petrográficas de mezcla y combinación de magmas (Robin *et al*., 1991) interpretada como evidencia por una entrada y mezcla inicial de nuevo magma máfico dentro de un cuerpo de magma diferenciado a poca profundidad. Robin, *et al*., (1991) modeló la escoria de 1913 como resultado de la mezcla de una andesita ácida (61.5 wt % SiO_2) con una andesita de olivino (ca.56 wt % SiO_2) en varias tasas. Para estos autores los largos períodos de producción de domos y flujos de lava pudieran corresponder a diferenciación del nuevo cuerpo de magma finalmente primario a emplazarse como un tapón de magma viscoso en el conducto o como un domo en la cima. La composición de los productos eruptados desde el inicio del último ciclo magmático que inició con la extrusión de domo alrededor de 1930 y continuó con mayores extrusiones de flujos de lava en 1961, 1965, 1975-76, 1981, 1991, 1998-99, y las explosiones de 1987, 1994 y 1999-2000 del domo han mostrado un decrecimiento en el contenido de SiO_2 en un aproximado de 59 wt%. Luhr y Carmichael (1990) han interpretado esto como un indicador que una erupción explosiva mayor pudiera ser inminente.

---

[84] Cortés, A. *et al*., Geología del Complejo Volcánico de Colima, 2005.
[85] The Colima Volcanic Complex. Komorowski, J.C, *et al*., IAVCEI General Assembly. Puerto Vallarta-México. Enero 19-24, 1997.

5.1.7 El volcán de Fuego de Colima

El volcán de Fuego de Colima, (3,860 m sobre el nivel del mar) es un estratovolcán andesítico que forma parte, junto con el Nevado de Colima (4,330 msnm), de un complejo volcánico situado en el Cinturón Volcánico Transmexicano y cuyas coordenadas geográficas (19º30'44''N y 103º37'02''W) lo sitúan entre los Estados de Colima (municipios de Comala y Cuauhtémoc) y Jalisco (municipios de Tuxpan, Zapotitlán y Tonila.

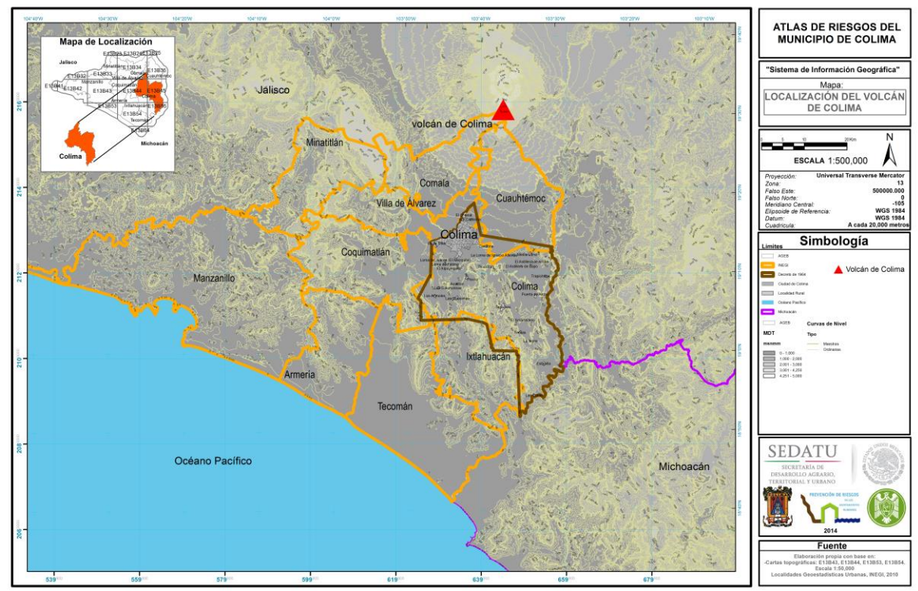


Figura 5.3.- Localización del volcán de Fuego de Colima y el municipio de Colima.

Como ya se señaló, el volcán de Fuego se formó dentro de una caldera asociada con un evento de colapso gravitacional del volcán Paleofuego. El actual edificio volcánico es un estratovolcán constituido por depósitos de derrames piroclásticos, depósitos de caída aérea y derrames de lava en bloques de composición andesítica, que han llegado a alcanzar distancias hasta 5 km de la cima. Durante sus diferentes etapas de crecimiento, el volcán de Fuego, generó considerables volúmenes de flujos piroclásticos que se emplazaron principalmente hacia el sur, sureste y suroeste, con alcances hasta de 15 km.[86]

[86] Cortés, A. *et al*., op. cit. 2005, p. 25

Figura 5.4.- Imagen del volcán de Fuego de Colima.

El volcán de Fuego de Colima tiene una historia de actividad constante que está documentada en los últimos seis siglos y se caracteriza por diferentes procesos eruptivos en los que se ha puesto de manifiesto el potencial destructivo del volcán. La larga historia descrita en los relatos que hacen referencia al volcán, así como el elevado número de eventos que puede deducirse a través de los textos documentales, tanto gráficos como escritos, permite considerar al Volcán de Fuego de Colima como el más activo de México.

En lo que hasta el momento es la recopilación más completa de la historia de actividad del volcán de Fuego de Colima[87], se describe la actividad histórica desde el siglo XVI hasta la fecha. Gracias a ello sabemos que en 1576 el volcán ya se encontraba en actividad.[88] Parece ser que se trató de una erupción explosiva de tipo vulcaniano que produjo una abundante lluvia de ceniza y estuvo acompañada de fuerte actividad sísmica.[89]

El 10 de enero de 1585 se produjo una explosión volcánica que ocasionó una lluvia de ceniza que cubrió un radio mayor de 30 km y ocasionó el bloqueo total de la luz solar. La dispersión de las cenizas se distribuyó por más de 220 km y los campos se cubrieron con una capa de ceniza que semejaba a una nevada grande, lo que provocó la muerte de muchas cabezas de ganado.[90] Por la época del año en la que tuvo lugar el evento, es probable que la dispersión de las cenizas hubiese sido hacia el noreste.[91]

---

[87] Bretón, M. El Volcán de Fuego de Colima, seis siglos de actividad eruptiva, 1523-2010, (2012).
[88] Tello, 1651, p. 621.
[89] Bárcena, 1887; Arreola, 1915. p. 449.
[90] Tello, 1651., p. 689, Arreola, 1915, p. 449.
[91] Bretón, M. El Volcán de Fuego de Colima, seis siglos de actividad eruptiva, 1523-2010, (2012) p. 37.

El día 14 de enero de 1590, el volcán entró en actividad expulsando cenizas. Así se mantuvo así hasta el día siguiente por la mañana en que cesó la actividad y la fuerte lluvia de ceniza. Los habitantes de las poblaciones pensaron que reventaría el volcán como seguramente lo habían visto en otras ocasiones. Durante el año de 1606 ocurrieron dos erupciones explosivas posiblemente de tipo peleano que produjeron lluvias de ceniza cuyos alcances fueron de más de 200 km. Para el día 25 de noviembre de 1606, el volcán de Colima arrojó gran cantidad de cenizas. Pocos días después, el 13 de diciembre, se repitió esta actividad explotando con más fuerza el volcán, arrojando un volumen considerable de ceniza que "obscureció el cielo por largo tiempo como si fuera de noche". Las cenizas desplazadas alcanzaron zonas del actual estado de Michoacán localizadas a más de 40 leguas[92]. Algunos autores señalan la ocurrencia de un flujo piroclástico con dirección oeste-suroeste[93].

El 15 de abril de 1611 arrojó el volcán mucha arena ceniza y escorias que alcanzó un diámetro de 40 leguas (más de 220 km)[94]. El 29 de octubre de ese mismo año, se verificaron algunas erupciones explosivas posiblemente de tipo vulcaniano[95]. Asimismo, los años de 1612-1613 estuvieron caracterizados por una constante actividad volcánica de tipo explosivo que produjeron flujos piroclásticos.

Más de un siglo después, en 1744 el volcán de Fuego mantenía una actividad constante, llegando las cenizas a la ciudad de Colima y produciendo flujos de lodo que bajaban por su río y que inundaban las tierras.[96] A las 12 de la noche del 10 de marzo de 1770, el volcán entró de nuevo en actividad al escucharse una explosión, que al lanzar una nube de humo cubrió el cielo impidiendo la vista de las estrellas. La explosión produjo ríos de fuego que se veían correr por las laderas del volcán, quemando todo a su paso y abriendo grandes brechas en el terreno que siguieron siendo visibles varios años después, y que afectaron a la barranca la Joya, en donde sepultaron muchas cabezas de ganado mayor. Se dice que esta actividad tuvo una duración de tres horas y toda la zona quedó cubierta por la ceniza impidiendo, al día siguiente, la penetración de los rayos del sol. La lluvia de ceniza provocada por la actividad, afectó a las poblaciones localizadas al norte y se menciona que alcanzaron distancias superiores a las 100 leguas, más de 550 km.[97]

Al año siguiente, el 16 de marzo de 1771, se describe una lluvia ceniza por tres días sin que se pudiera ver la luz del sol. Dos días después ocurrió una nueva explosión que volvió a lanzar mucha ceniza[98]. Ese año se reportó caída de ceniza en Guadalajara y se atribuyó al volcán de Colima pero sin dar más detalles de esa erupción[99]. El día 26 de noviembre de 1780 a las cuatro de la mañana tuvo el volcán una explosión que lanzó material incandescente hacia la parte sur de éste, creando incendios en sus faldas que fueron vistos desde la ciudad de Colima.[100]

Un nuevo proceso eruptivo dio comienzo en agosto del año de 1794 cuando se produjo una explosión que fue escuchada por los habitantes de la ciudad de Colima y sitios localizados a más de 50 km de distancia. La actividad fumarólica fue constante durante ese año y el siguiente, aumentando su nivel en marzo de 1795, mostrando un cambio hacia una fase de carácter efusivo en la que se veían arroyos de lumbre que brotaban desde la boca hasta descender encendidos a su falda[101]. La actividad continuó hasta el mes de septiembre y se dice que el camino de lava creado por la erupción era claramente visible entre los habitantes de la ciudad de Colima.

El día 15 de febrero del año de 1818, a las ocho de la noche el volcán de Fuego volvió a entrar en actividad levantando una columna eruptiva que extendiéndose cubrió la luna y quedo el lugar y algunas leguas de circunferencia en una noche completamente obscura. Dos horas después se vio en la cumbre del mismo volcán unas llamas que alcanzaban una distancia considerable, acompañadas de fuertes ruidos. Además, se levantó de la atmósfera un polvo de color amarillo que al depositarse en el suelo alcanzó una distancia de 20 centímetros. La nube de ceniza viajó por varios sitios dejando caer material en lugares como Zapotlán (30 km), Guadalajara (140 km), Guanajuato (310 km), Zacatecas (385 km) y San Luis Potosí (425 km). Asimismo, alguna cantidad de este material cayó en la ciudad de México y en Querétaro. Tomando en consideración la disposición geográfica de las ciudades afectadas por la caída de ceniza, podemos determinar que el evento explosivo alcanzó una dimensión considerable y

---

[92] Aproximadamente 200 km. Véase Tello, 1651, p. 745; Arreola, 1915, p. 449.
[93] Medina, 1983, El Comentario, Viernes 13 de diciembre de 2002. Universidad de Colima.
[94] Tello, 1651, p. 770; Bárcena, 1887; Arreola, 1915, p. 449. Tb., El Comentario, miércoles 29 de octubre de 2003.
[95] Waitz, 1932.
[96] Bretón, M. El Volcán de Fuego de Colima, seis siglos de actividad eruptiva, 1523-2010, (2012) p. 39.
[97] *Idem.*
[98] SDN, marzo de 1875, Bárcena, 1886; Arreola, 1915, p. 450.
[99] Bárcena, 1886.
[100] Ponce de León, 1789 en B.N.M.
[101] AGN, RH, V. 829, E. 129.

tuvo afectaciones al norte, noreste y este del volcán. En Zapotlán fue necesario arrojar con palas y escobas las cenizas de los techos, algunos de los cuales se cayeron por efecto de la sobrecarga[102]. La mayor intensidad de la lluvia de arena fue entre 8 y 10 de la noche; escuchándose truenos muy fuertes[103]. Fue necesario utilizar trozos de madera para alumbrarse porque las luces más delgadas se apagaban al golpe de la arena que caía con gran fuerza y había tal oscuridad que no se distinguían los objetos por cercanos que estuvieran[104]. Los vecinos de San Marcos, población localizada a 14 km de la cima del volcán, aseguraron que por aquel tiempo se cubrió de lava el volcán en el flanco sureste, la cual corría rumbo a la Barranca del Muerto, sitio en el que destruyó árboles y ganado, seguramente calcinados por flujos piroclásticos[105]. Se escucharon detonaciones subterráneas y algunas piedras hechas ascua caían hasta el pie de la montaña[106]. A la erupción de 1818 de tipo subpliniana, Luhr y Carmichael, (1990) le asignaron un VEI= 4.[107]

A las 10 a.m. del día 12 de junio de 1869, el volcán de Colima entró en erupción por la boca que se había iniciado sobre la meseta de “Las Playitas” (lo que hoy en día se conoce como El Playón). Al parecer, el magma encontró una abertura en el flanco noreste del cono principal y se formó el cono parásito conocido hoy como El Volcancito, aproximadamente a 1 km del eje del cráter principal y a unos 700 m. abajo del borde[108]. Por la tarde de ese día, ocurrió otra gran erupción que levantó una nube y provocó caída de material[109]. Esta actividad se mantuvo intermitente durante los siguientes tres años, y fue el 26 de febrero de 1872 a las 10:30 a.m. que dieron inicio una nueva serie de erupciones que pudieron contemplarse desde San Gabriel, Tonila y el rancho de la Joya[110]. El aspecto de esta erupción causó admiración y espanto en las poblaciones comarcanas. Fue notorio que al elevarse las columnas eruptivas no lo hacían por el cráter principal del volcán[111], es decir, que la actividad en el cono parásito de El Volcancito continuaba presente. La actividad explosiva se mantuvo durante 1874, 1875 y 1876, este período estuvo caracterizado por un número considerable de eventos que en ocasiones se hicieron difíciles de cuantificar por los vecinos del lugar que se refirieron la mayoría de las veces a pequeñas emisiones de lava y escoria desde Volcancito y actividad fumarólica en el cráter principal.

Para 1880-1881 el volcán se encontraba nuevamente en actividad. La madrugada del 6 de enero de enero de 1886 habitantes de la hacienda de San Antonio vieron cómo se presentó una nueva erupción del volcán abriéndose una nueva boca que se percibía hacia el suroeste, un poco abajo del labio principal. La madrugada del 26 de agosto se levantó una nube de ceniza que salió del cráter principal siendo llevada por los vientos hacia el sur cubriendo de ceniza las casas y calles de la ciudad de Colima[112]. Tres años después, en el 26 de octubre de 1889, se presentó una erupción acompañada de fuertes detonaciones, con producción de flujos piroclásticos ya que se reportó la destrucción de sembradíos que se encontraban en las faldas del volcán[113]. En enero 4 de 1890 fue mencionada una erupción, y para el 16 de febrero después de un gran trueno que se oyó desde poblaciones lejanas al volcán, brotó una gran nube que se veía inflamada y con rayos que serpenteaban en su masa. En Zapotlán llovió mucha arena gruesa. La lluvia fue abundante en muchas localidades del cuadrante noreste, mencionándose Silao y Guanajuato entre las poblaciones invadidas por la arena. También en la villa de San Gabriel cayó mucha arena entre 7 y 8 de la mañana[114]. Como dato adicional podemos decir que Silao y Guanajuato se encuentran a 278 y 297 km respectivamente al noreste del volcán de Fuego de Colima, lo que hace suponer que el tamaño de columna eruptiva fue lo suficientemente grande como para ser llevada por los vientos hasta lugares tan distantes como los señalados.

El inicio del siglo XX continuó de la misma forma que había terminado el anterior, con una serie de eventos eruptivos continuos de carácter explosivo. Sabemos que en octubre de 1901 el volcán carecía de depresión cratérica, lo que nos podría hacer suponer que quizá un domo de lava estaba emplazado en la cima produciendo explosiones de consideración que fueron muy grandes y duraron varios

---

[102] Montenegro, 1873, en Arreola 1915, p. 451.
[103] Orozco y Berra, 1888.
[104] Barcena, 1887.
[105] Luhr y Carmichael, 1990.
[106] Barcena, 1887, tb.
[107] *Volcanic Explosivity Index* (VEI) por sus siglas en inglés. El Índice de Explosividad Volcánica es una escala de la energía liberada durante una erupción y va de 0 a 8. Un valor 0 representa a las erupciones efusivas donde se emiten lavas en bloque como las ocurridas en los últimos años en Colima (1961 a 2009). A una erupción como la de 1818 o 1913 de tipo subpliniana con columnas eruptivas entre 15 a 20 km de altura, con lluvia extensa de ceniza y pómez y con generación de flujos piroclásticos con alcances de12 a 15 km, se asigna un VEI= 4. Por su parte, una erupción con VEI=6 sería una erupción catastrófica que involucraría el colapso parcial o total del edificio volcánico y un depósito asociado de avalancha de escombros de gran alcance. Véase Newhall, C. and Self, S. (1982). "The volcanic explosivity index (VEI): An estimate of explosive magnitude for historical volcanism". *Journal of Geophysical Research, vol.* 87 (C2): 1231–1238.
[108] Luhr y Carmichael, 1990.
[109] Josefa Parra, en Arreola, 1915, p. 452.
[110] ECOL, 1872.
[111] Bárcena, 1887 y Arreola, 1915.
[112] Información dada por la familia de Carmen Morales, citada por M. Bárcena, 1887.
[113] Diario Oficial del Gobierno del Estado de Jalisco, tomo XI, núm. 77. Información emitida desde ciudad Guzmán, Jal., el 21 de noviembre de 1889 por el Jefe Político, Andrés Michel.
[114] Ibídem.

meses[115]. Se dice que una de las explosiones más espectaculares tuvo lugar el 13 de diciembre de 1901[116]. Severo Díaz dejó una estadística de las erupciones observadas entre los años de 1895 y 1902, siendo de especial relevancia las ocurridas entre 1900 y 1902 que sumaron un total de 974[117], entre pequeñas, regulares, medianas y grandes, según su modo de contabilizarlas.

Al comienzo de 1903 la actividad explosiva había cesado, teniéndose intervalos de reposo más largos, pero la tarde del 15 de febrero se vio salir por el cráter una masa considerable de vapores que pronto formaron una columna. El día 20 surgió del cráter súbitamente una gruesa columna formando una nube espesa y oscura, que alcanzó una altura considerable y se extendió rápidamente. Se dice que una detonación, parecida a un cañonazo, se produjo al principio de la expulsión de vapores y fue seguida, por el ruido subterráneo. El estruendo fue escuchado hasta la ciudad de Colima, a 33 km de la cumbre del volcán y fue posible distinguir desde Tonila y Tuxpan proyecciones de grandes piedras incandescentes que cayeron y rodaron ocasionando incendios que se mantuvieron por varios días. La lluvia de ceniza y arena alcanzó las poblaciones de Colima, Tuxpan y Tonila, y cubrió el campo circundante de una ligera capa gris. La caída de polvo volcánico fue tan abundante en Zapotlán, que las calles permanecieron completamente obscurecidas entre las tres y las cinco de la tarde del 23 de febrero. Este comportamiento del volcán se mantuvo durante los días 24, 25 y 28 de febrero. El día 24 las cenizas llegaron a Guadalajara y a Uruapan, alejadas casi 200 km del volcán, en direcciones opuestas. El 25 se vio un derrame de piedras incandescentes rodar sobre las pendientes oeste y suroeste del cono. En el mes de marzo un número parecido de erupciones tuvo lugar y fue disminuyendo paulatinamente hasta agosto de ese mismo año, en donde se escucharon algunas detonaciones los días 6 y 25[118].

La erupción de 1913 es el evento más importante que sufrió el volcán en el siglo XX y quizá una de las más violentas registradas en su historia eruptiva. La actividad ocurrida en enero de 1913 puso de manifiesto el peligro potencial del volcán más activo de México por el número de erupciones registradas en los últimos cinco siglos[119]. Las zonas cercanas al cono volcánico quedaron devastadas y fue necesario el paso de los años para poder utilizarlas nuevamente. El crecimiento poblacional actual ha traído consigo la ocupación de espacios en áreas seriamente afectadas en 1913, lo que propicia un aumento en la vulnerabilidad y por ende en el riesgo. La erupción de 1913 se inició el 19 de enero con explosiones freáticas en el cráter, las cuales produjeron pequeños flujos piroclásticos de bloques y ceniza que alcanzaron una distancia aproximada de 4 km. El día 20, entre las 4:30 y 11:30 a.m. se llevó a cabo la destrucción del domo que obstruía el cráter. Al quedar libre el conducto del volcán alrededor de las 11. a.m. del 20 de enero, se inició la tercera y última etapa de la erupción con el desarrollo de una columna eruptiva pliniana o subpliniana que alcanzó 21 km de altura[120], en un proceso que duró 8 horas. La columna eruptiva fue desviada por los vientos principalmente hacia el norte-noreste y cubrió un área de 141.151 km^2, formando una capa con espesores de hasta 1 m. La lluvia de ceniza llegó hasta Saltillo, Coahuila[121], a 725 km del volcán.

Durante la última etapa y debido a variaciones en la producción de magma y a la altura alcanzada por la columna eruptiva, se produjeron colapsos parciales de la misma que originaron la formación de flujos piroclásticos de ceniza y pómez que se derramaron alrededor del volcán y se canalizaron por las barrancas que lo rodean. Estos flujos alcanzaron distancias de más de 15 km y formaron depósitos de más de 10 m de espesor En la parte S-SW, a 11 km del volcán, estos flujos piroclásticos impactaron contra paredes de más de 100 m. de altura, lo que originó el desarrollo de pequeñas columnas que provocaron una caída secundaria de ceniza y pómez en la zona, así como una ligera caída de ceniza en la Ciudad de Colima. A partir de la erupción de 1913 el volcán entró en una fase de reposo durante varias décadas, únicamente con ocasionales emisiones de vapor y luminosidad como la de octubre de 1930.[122]

El 1 de diciembre de 1975 el volcán entró en actividad expulsando lava desde la cima produciéndose 2 flujos de lava que descendieron hacia el flanco este, acompañados de flujos calientes de ceniza[123]. El día 5 de diciembre el volcán presentó actividad nuevamente[124]. A finales de diciembre el flujo de lava oriental había descendido por el flanco del cono, alcanzando la vegetación hasta la base de la

---

[115] Severo Díaz, 1906, p. 28. Tb. Vizcaíno, J. 1991, Semblanzas del volcán “El Colima”, p. 9.
[116] El Comentario, viernes 13 de diciembre de 2002. Universidad de Colima.
[117] Severo Díaz, El Volcán de Colima, 1903. folleto.
[118] Ordoñez, E. “Les derniernes éruptions du Volcan de Colima”, en *Memorias de la Sociedad Científica Antonio Alzate*, México. Imprenta del Gobierno Federal en el ex Arzobispado, 1903, p. 99-103; Starr, 1903. Véase tb., Ortoll, S. (Comp.) 1998. Colima, textos de su historia, tomo 2, pp. 206-209.
[119] Bretón, 2002.
[120] Saucedo, 1997.
[121] Waitz, 1932.
[122] Walter Zehle citado por P. Waitz, 1932.
[123] 12/1975 (SEAN 01:03)
[124] El Comentario, Jueves 5 de diciembre de 2002. Universidad de Colima.

barranca. El flujo avanzó cerca de 2,500 m en 60 días. El 28 de enero de 1976 se pensó que dos nuevos flujos de lava se desarrollaban hacia los flancos sur y oeste del domo[125]; sin embargo, días después se verificó que hacia el oeste no se desarrolló ninguno. Durante febrero de 1976 y, presumiblemente durante marzo, la actividad fue en descenso hasta detenerse. El flujo de lava del flanco este, de aproximadamente 2 km de largo se movía lentamente[126].

En el año 1987 ocurrieron algunas explosiones en la cima del volcán. Para 1991, un episodio de crecimiento de domo de lava en bloques, generó un colapso parcial del cuerpo del mismo, produciendo derrumbes de material incandescente y lahares posteriores. El 21 de julio de 1994, una explosión dejó un cráter en la superficie del domo formado en 1991 que alcanzó un diámetro de 130 metros por 50 metros de profundidad y produjo una ligera lluvia de ceniza hacia el Oeste.

El 19 y 20 de noviembre de 1998 una nueva erupción de carácter efusivo tuvo lugar provocando el crecimiento de tres flujos de lava sobre el flanco sur-suroeste, alguno de los cuales alcanzó los tres kilómetros de distancia desde la cima. El 10 de febrero de 1999 se presentó un nuevo evento explosivo en la cima del volcán, mismo que fue repetido con menor intensidad los días 18 de febrero y 10 de mayo. El 17 de julio de 1999 tuvo lugar una nueva y violenta explosión que arrojó una gran cantidad de material incandescente por los costados del volcán y levantó una columna de ceniza superior a los 8 km.

En octubre de 2004 se presentó el crecimiento y avance de un flujo de lava sobre el costado norte del volcán. El alcance de este flujo fue de dos kilómetros desde la cima.

Durante los meses de mayo (días 16, 24 y 30) y junio (días 2 y 5) de 2005, ocurrieron 5 de los eventos explosivos más importantes registrados por los sistemas de monitoreo volcánico de la Universidad de Colima. El evento explosivo del día 5 de junio de 2005, a las 14:20 horas (tiempo local) produjo flujos piroclásticos prácticamente en todo el edificio volcánico y levantó una columna de ceniza superior a los 4 kilómetros desde la cima, la cual fue llevada por los vientos al sur-sureste del volcán a una velocidad aproximada de 25 km/h. Tomando en consideración la amplitud del registro sísmico, este evento fue 1.2 veces más grande que el del 30 de mayo de 2005 y 3 veces mayor que el del 17 de julio de 1999, lo que lo convierte en el evento explosivo más grande registrado en los más de 20 años de monitoreo continuo que tiene el volcán.

A partir de enero de 2007 comenzó a crecer en la cima del volcán un domo de lava de gran tamaño que alcanzó más de 100 m de altura y un volumen estimado en tres millones de m^3 de material.

El 21 de junio de 2011 a las 12:24 hora local, tuvo lugar una explosión que estuvo precedida por 52 derrumbes en un lapso de 18 horas. Esta explosión originó flujos piroclásticos hacia el norte, oeste y suroeste, volando la parte oeste del domo de lava que se encontraba en la cima.

En enero de 2013 se produjeron explosiones los días 6, 13 y 29, que produjeron un cráter dentro del domo de lava de aproximadamente 250,000 m^3. El 14 de febrero de ese mismo año, un nuevo cuerpo de lava comenzó a crecer dentro de ese cráter dejado por las explosiones de enero. El crecimiento del domo continuó así hasta noviembre de 2013, generando inclusive un flujo de lava hacia el sector oeste.

Durante el año 2014 continuaron los derrumbes de material incandescente, preferentemente hacia los flancos norte, oeste-suroeste y sur. A finales del mes de agosto y principios de septiembre, fue visible la generación de un flujo de lava que descendió por el flanco suroeste del volcán. Asimismo, a partir del mes de noviembre, fue visible un flujo de lava por el sector norte y otro hacia el sector sur, además del que se mantenía desde marzo-abril del 2013 por el flanco oeste. A las 12:24 p.m. del 21 de noviembre de 2014 tuvo lugar una explosión en el domo del volcán que levantó una columna eruptiva que tuvo una altura cercana a los 5 km desde la cima y produjo flujos piroclásticos con recorridos mayores a tres km desde la cima. Para el mes de diciembre de 2014, las dimensiones del domo de lava que comenzó a crecer en 2007 y tuvo un nuevo episodio de crecimiento en el 2013, dan un diámetro inferior aproximado de 226 m, un diámetro superior de 140 m y una altura de 102 m. El volumen estimado de este domo y todos los flujos de lava existentes hasta el momento, dan un volumen de lava emitida estimado en cuatro millones de m^3.

---

[125] 01/1976 (SEAN 01:04)
[126] 03/1976 (SEAN 01:06)

Figura 5.5.- El volcán de Fuego, visto desde la ciudad de Colima. Foto Observatorio Vulcanológico. U. de C.

5.1.8 El mapa de Peligros

En el estudio de la peligrosidad volcánica se ha tenido la necesidad de dividir a cada una de las manifestaciones volcánicas en elementos muy sencillos que son evaluados en forma independiente, constituyendo cada uno de ellos un peligro volcánico. Los peligros volcánicos pueden prolongarse durante meses y los factores de peligro son múltiples: lahares, flujos de lava, gases, etc.

Los peligros volcánicos tienen características físicas como son la magnitud, es decir, su volumen y energía, su alcance, duración y tiempo de propagación. La información de cada peligro debe ser representada como una capa en un sistema de información geográfica, por lo que deben estar adecuadamente referenciados y cuantificados, con la finalidad de conformar mapas de peligro volcánico.

Cada peligro volcánico debe ser analizado individualmente y deben determinarse los parámetros físicos necesarios para la modelación numérica del mismo. Los modelos proporcionarán cierta semejanza al fenómeno y darán a conocer con anticipación los alcances máximos, lo cual permitirá evaluar el grado de exposición para cada zona que circunda al volcán.

Para la identificación de los mecanismos eruptivos se debe considerar toda la información disponible para aquellos eventos ocurridos desde el comienzo del Cuaternario. Esta información se obtiene a partir del análisis de los registros geológicos, también se deben conocer las áreas de origen de cada uno de los peligros, y a partir de esta información se podrán aplicar modeladores para simular los efectos que un evento tipo podría llegar a producir.

Los mapas de peligros volcánicos, representan cartográficamente la extensión o área probable que puede ser afectada por todos los productos que un volcán es capaz de generar durante una erupción, y que son capaces de producir daños en su entorno.

Los estudios primordiales para su elaboración son: (1) levantamiento geológico del volcán y área volcánica, (2) caracterización geoquímica de los productos (lavas, tefras, etc.), (3) cronoestratigrafía detallada de los depósitos, características y distribución, (4) características y distribución de lava y depósitos laháricos, (5) establecer la evolución y comportamiento eruptivo y (6) conocer las características de las erupciones históricas, si las hay.

Los mapas de peligro son dinámicos y tienen vigencia, generalmente, hasta que se presenta una nueva erupción. Debido a que las transformaciones que ocurren durante y después de una erupción cambiarán el relieve y habrá nuevas condiciones que harán necesario modificar el mapa. Cuando las erupciones son pequeñas, las transformaciones son pequeñas, y en consecuencia el mapa mantendrá su vigencia.

Un mapa de peligros representa las áreas que pueden ser afectadas por diferentes procesos volcánicos, mediante una zonificación basada en datos geológicos, cronológicos y morfoestructurales. De esta forma, las áreas de mayor peligro de ser afectadas por lahares, flujos piroclásticos, etc., serán nuevamente afectadas por estos procesos en una futura erupción. Sin embargo, no puede descartarse la posibilidad de que ocurran erupciones de gran magnitud que superen la zonificación del mapa. No obstante, se considera poco probable esta situación en un plazo corto a mediano.

Los mapas de peligros deben también distinguir entre los riesgos primarios, como los flujos piroclásticos, o las lluvias de fragmentos, describiendo sus velocidades, alcances y efectos sobre el hombre y el medio, y los riesgos secundarios, incluyendo todos aquellos efectos que pueden presentarse durante o después de la erupción, como flujos de lodo y otros impactos sobre el medio ambiente. Normalmente estos mapas se representan en escalas entre 1:50,000 y 1:250,000. Sin embargo, un mejor detalle puede obtenerse en escalas de 1:25,000 o de 1:10,000.

A la fecha sólo han sido publicados 4 mapas de peligros para el volcán de Fuego de Colima (Martín del Pozzo *et. al.,* 1995), (Navarro *et. al.,* 2003) (Suárez Plascencia *et. al.,* 2004) además de una actualización y digitalización hecha sobre la base del mapa de Navarro *et. al.,* (2003) realizada por Bretón *et al*., (2008) que apareció en el Catálogo de Riesgos en el estado de Colima (CREC).

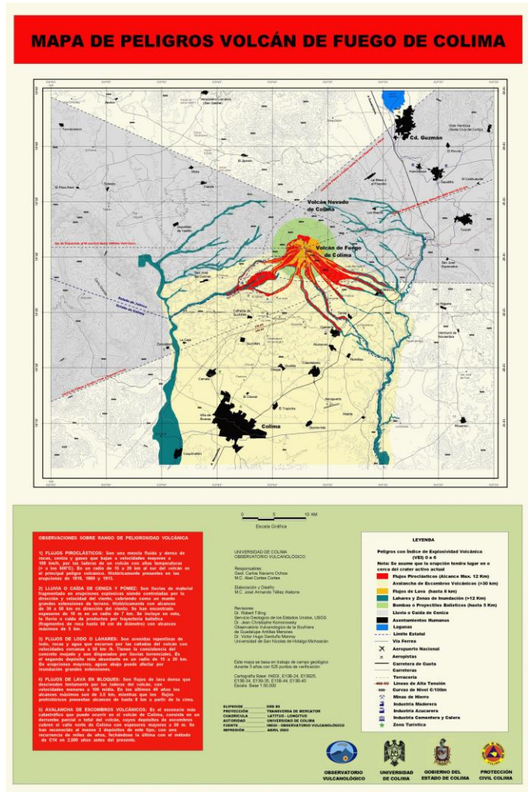


Figura 5.4.- Mapa de Peligros del Volcán de Fuego de Colima de Navarro *et. al*., (2003).

En resumen, el mapa de peligros representa una situación presente, una realidad natural frente a las amenazas volcánicas con las diversas zonas y grados de peligros en un territorio en torno al volcán. Es primordial la utilización de un mapa de peligros para reducir el impacto de los procesos volcánicos en una zona amenazada por un volcán peligroso o activo como lo es el Volcán de Fuego de Colima, que se tome en consideración en los planes de emergencia, la planificación de uso del terreno, etc., con la finalidad de mitigar el riesgo.

La información contenida en el mapa de peligros del volcán de Fuego de Colima[127] está basada en más de 500 puntos de verificación geológica en campo. Fue elaborado considerando la extensión máxima de los depósitos originados por erupciones volcánicas pasadas con un índice de explosividad volcánica (VEI) de 0 a 6 y suponiendo que la erupción tenga lugar en las inmediaciones de la actual cima. Los límites de los diferentes colores fueron trazados con base en el alcance máximo observado en campo de los productos originados por estas erupciones.

[127] Navarro, *et al*., 2003.

El mapa muestra en colores la distribución y alcance máximo de las diferentes amenazas volcánicas. Por ejemplo, en rojo se muestra la canalización por las barrancas de los productos más peligrosos, los flujos piroclásticos. Igualmente canalizados se muestran tanto los flujos de lodo o lahares (verde) como los flujos de lava en bloque (naranja).

La caída o lluvia de ceniza y pómez se ilustra por dos parábolas opuestas (línea punteada) y bajo un área color gris. Las líneas centrales de estas parábolas marcan los ejes de dispersión de esta lluvia y en letras rojas se indica el espesor y el tamaño esperado de estos fragmentos, así como la dirección y velocidad del viento preferente en diferentes estaciones del año. El punteado de la línea indica un límite en tamaños y espesores esperados. Fuera de estos límites, se espera que las lluvias sean menos intensas y con menores tamaños y espesores.

La mayor área coloreada (amarillo-mostaza), marca la extensión encontrada en depósitos de avalancha de escombros volcánicos tipo colapso Monte Santa Helena (1980). El área representada en el mapa alcanza 1,200 km^2. Los alcances máximos de depósitos de colapso del Paleofuego no se extienden más allá de 9 km. al sur de la ciudad de Colima. Los fechamientos de depósitos por C^{14} van desde 45,000 a 2,500 años antes del presente, sin embargo la ciclicidad de eventos catastróficos de este tipo no ha sido aún determinada pero se presume en miles de años.

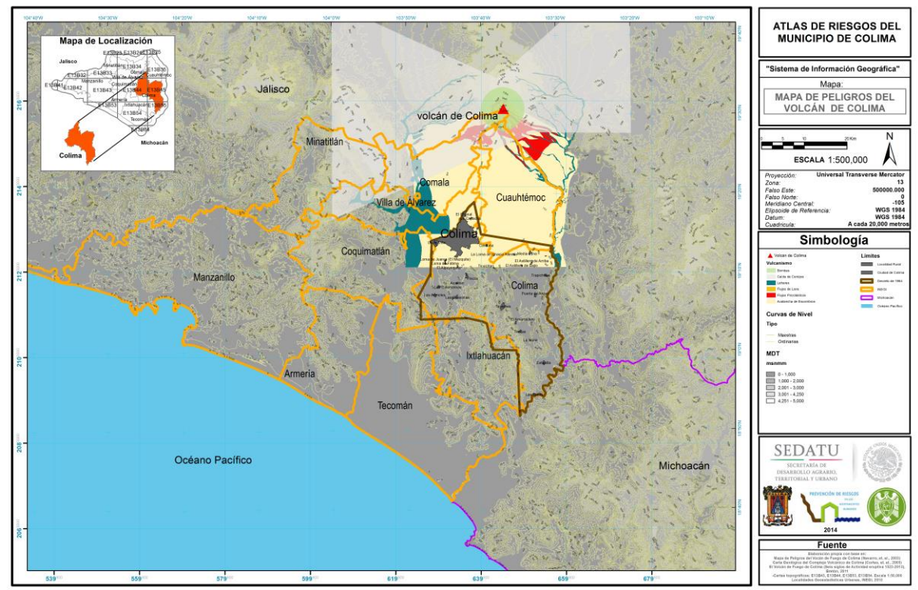


Figura 5.6.- Mapa de peligros del volcán de Fuego de Colima. Elaboración propia con base en la Carta Geológica del Complejo Volcánico de Colima (Cortés *et. al*., 2005) y el Mapa de Peligros del Volcán de Fuego de Colima (Navarro *et. al*, 2003).

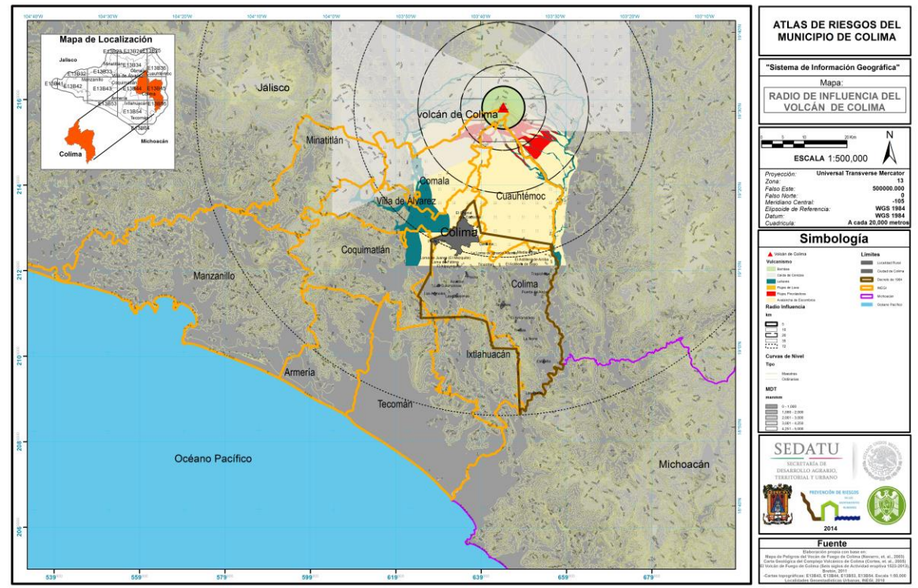


Figura 5.7.- Radio de influencia del volcán de Fuego de Colima en el municipio de Colima. Elaboración propia con base en la Carta Geológica del Complejo Volcánico de Colima (Cortés *et. al*., 2005) y el Mapa de Peligros del Volcán de Fuego de Colima (Navarro *et. al*, 2003).

5.1.9 Interpretación del mapa

El círculo en rosa claro con radio de 5 km. desde la cima, marca el límite del alcance de proyectiles de hasta 20 cm. lanzados en tiro parabólico por explosiones de domo o erupciones vulcanianas y estrombolianas que pudieran ocurrir.

El Índice de Explosividad Volcánica (VEI) es una escala de la energía liberada durante una erupción y va de 0 a 6. Un valor 0 representa a las erupciones efusivas donde se emiten lavas en bloque como las ocurridas en los últimos 42 años (1961 a 2014). A una erupción como la de 1818 o 1913 de tipo subpliniana con columnas eruptivas entre 15 a 20 km. de altura, con lluvia extensa de ceniza y pómez y con generación de flujos piroclásticos con alcances de 12 a 15 km, se asigna un VEI= 4. Una erupción con VEI=6 sería una erupción catastrófica que involucraría el colapso parcial o total del edificio volcánico y un depósito asociado de avalancha de escombros de gran alcance como se marca en color mostaza.

El recuadro inferior izquierdo en color rojo, da algunas observaciones sobre el rango de peligrosidad para cada caso ilustrado.

Flujos piroclásticos: son los más peligrosos en un radio de 15 a 20 km en el sur del volcán. Históricamente han estado presentes en las erupciones de 2014, 2013, 2011, 2005, 2002, 1999, 1998, 1994, 1991, 1975-1976, 1913, 1903, 1881, 1880, 1879, 1872, 1818, 1806, 1795, 1770, 1690, 1612-1613, 1606, 1585, 1576. Este peligro no ha afectado históricamente al municipio de Colima.

Lluvia de ceniza y pómez: según Bretón, *et al* (2011) de 1576 a 2003 se han registrado más de 40 erupciones con lluvia de ceniza de moderada a fuerte con alcances de 30 a 50 km, depositadas por los vientos dominantes. Se han encontrado espesores de 10 metros en un radio de 7 km. Este peligro ha estado presente en contadas ocasiones en el municipio de Colima con caídas de ceniza de poca consideración. Durante los eventos eruptivos históricos más significativos que fueron los de 1818 y 1913, no se reportó caída de ceniza en el municipio de Colima.

Flujos de lodo o lahares: es el segundo depósito más abundante en un radio de 15 a 20 km y su presencia es constante durante la temporada de lluvias. De forma directa este peligro no ha afectado históricamente al municipio de Colima. Sin embargo, sí podría afectar a alguno de los afluentes que se encuentra en cotas de mayor altura sobre el municipio de Cuauhtémoc.

Flujos de lava andesítica en bloques: en los últimos 35 años los recorridos máximos son de 3.5 km, mientras que los flujos prehistóricos tienen alcances hasta de 8 km de distancia desde la cima. Este peligro no ha afectado históricamente al municipio de Colima.

Avalancha de escombros volcánicos: es el escenario más catastrófico que puede ocurrir en el volcán de Fuego de Colima, consiste en un derrumbe parcial o total del volcán cuyos depósitos de escombros cubrirían el valle de Colima. Se han reconocido al menos 3 depósitos de este tipo con una recurrencia de miles de años, siendo posiblemente la última hace 2500 años.[128] Este peligro podría afectar al municipio de Colima si es que atendemos los alcances máximos de los depósitos encontrados; sin embargo es un escenario con pocas probabilidades de ocurrir, ya que su periodo de recurrencia es de miles de años.

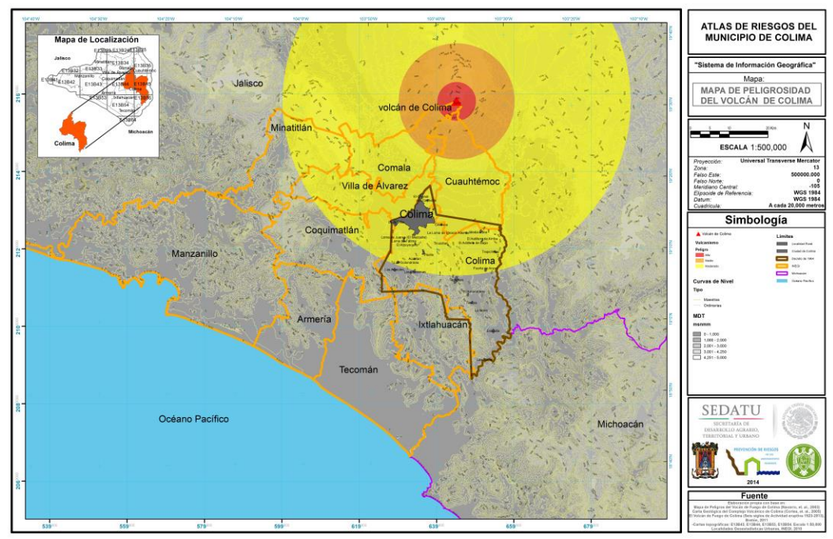


Figura 5.5.- Mapa de peligrosidad del volcán de Fuego de Colima.

[128] Komorowsky *et al*, 1994.

5.1.10 Evaluación de la vulnerabilidad

Para lograr una evaluación completa, es necesario determinar la vulnerabilidad de los distintos elementos de la sociedad como son personas, bienes, medios de producción, obras de infraestructura, etc., con respecto a cada una de las manifestaciones volcánicas.

La vulnerabilidad se define como la susceptibilidad o propensión de los sistemas, expuestos a ser afectados o dañados por el efecto de un fenómeno perturbador, es decir, el grado de pérdidas esperadas. En términos generales pueden distinguirse dos tipos: la vulnerabilidad física y la vulnerabilidad social. En este caso, la vulnerabilidad es el grado o porcentaje de pérdida o daño que puede sufrir una población, infraestructura o en la productividad, por efecto de alguna de las manifestaciones volcánicas.

Para efectos de este apartado, la vulnerabilidad social está relacionada a los desastres de origen natural, como “el conjunto de características sociales y económicas de la población que limita la capacidad de desarrollo de la sociedad; en conjunto con la capacidad de prevención y respuesta de la misma frente a un fenómeno y la percepción local del riesgo de la población”.[129]

Para medir la vulnerabilidad social se consideraron tres aspectos fundamentales que son: los indicadores socioeconómicos del municipio, la capacidad de respuesta de la Unidad de Protección Civil Municipal, y por último, la percepción local del riesgo de la población.[130] En lo que se respecta a la capacidad de respuesta de la unidad municipal de protección civil ésta es Muy Alta. La percepción local de riesgo de la población del municipio es Media, y el grado de vulnerabilidad social en el municipio de Colima es Muy Bajo (de acuerdo a los resultados obtenidos de los indicadores socioeconómicos, la capacidad de respuesta, y la percepción local de riesgo). De estos, las localidades que presentan un grado de vulnerabilidad Muy Bajo, son la ciudad de Colima y Las Tunas, mientras que el resto de las otras 26 localidades del municipio analizadas, presentan un grado de vulnerabilidad Bajo.

El volcán de Fuego de Colima pertenece a la Categoría 1. Peligro Alto.- Índice de explosividad volcánica (VEI), igual o mayor a 3, con un tiempo medio de recurrencia de erupciones de 500 años o menos, o que hayan producido al menos una erupción de VEI 3 o mayor en los últimos quinientos años. Los eventos eruptivos más representativos en los últimos 200 años son los de 1818 y 1913, a los cuales se les ha asignado un VEI= 4.

Con la ayuda de los datos de INEGI, se obtuvieron la ubicación de viviendas, población e infraestructura en el área. El Mapa de Peligros volcánicos nos proporcionó información sobre las barrancas, cauces de corrientes en las laderas volcánicas que podrían alcanzar al municipio de Colima, así como los depósitos de materiales volcánicos sobre el área de estudio con la información relativa a cada uno de los peligros volcánicos identificados.

En el análisis del riesgo volcánico, es muy importante distinguir claramente la diferencia entre el fenómeno volcánico (erupciones) y su impacto (el efecto que pueden llegar a tener sobre el entorno del volcán), que si es grande puede transformarse en un desastre. Por lo que si bien no es posible evitar la ocurrencia de erupciones, sí es posible evitar que se transformen en desastres.

La naturaleza de las manifestaciones volcánicas como son flujos piroclásticos, flujos de lodo o lahares, flujos de lava y avalanchas de escombros producidas por derrumbes y deslizamientos hacen muy difícil definir funciones de vulnerabilidad que permitan establecer el porcentaje o proporción de pérdida de algún elemento de la estructura social ante esos fenómenos.

La experiencia de numerosas erupciones sugiere asignar una vulnerabilidad del 100% a cualquier elemento de la sociedad ante cualquiera de las manifestaciones directas. Esto quiere decir, que ante estas manifestaciones puede esperarse una pérdida total de estructuras para habitación o usos laborales, obras de infraestructura, bosques y tierras laborables (por lo menos temporalmente).

---

[129] Consultado en: CENPRED. Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos. Evaluación de la vulnerabilidad física y social, 2006, versión electrónica 2014, a través de su página web: http://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/57.pd. Consultado en noviembre de 2014.

[130] La obtención de estos resultados se describe en el apartado Identificación de Amenazas, Peligros, Vulnerabilidad y Riesgos ante Fenómenos Perturbadores de Origen Natural en el Municipio de Colima.

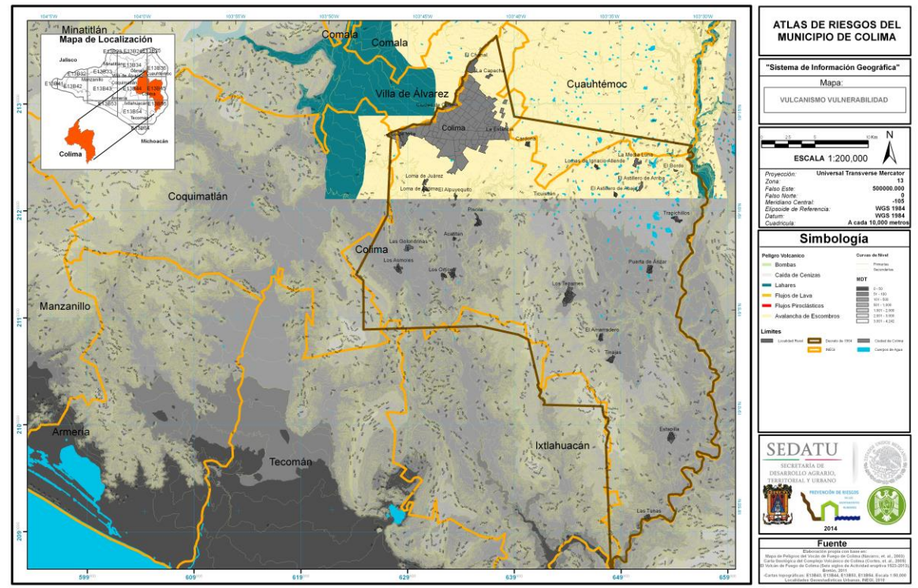


Figura 5.6.- Vulnerabilidad en el municipio de Colima.

5.1.11 Análisis del Riesgo

En el área en la que se localiza el volcán de Fuego de Colima vive un número aproximado de 415 mil habitantes en un radio de 35 km, que están expuestos a los peligros volcánicos presentados en los últimos siglos como son: la ocurrencia de flujos piroclásticos, explosiones freáticas, lluvia de ceniza, flujos de lodo, flujos de lava y caída de bombas volcánicas, entre otros.

La ciudad de Colima, cabecera del municipio de Colima se localiza a 32 km al sur de la cima del volcán de Fuego. Cuenta con una población total de 137,383 habitantes, con un número estimado en 38,982 viviendas particulares habitadas. Las otras localidades analizadas cuentan con una población de 9,879 habitantes, con un número de viviendas particulares habitadas de 2,428. En total el municipio tiene una población de 146,904 habitantes y un total de viviendas particulares habitadas de 41,669.

La avalancha de escombros volcánicos es el escenario más catastrófico que se ha presentado en el volcán de Fuego de Colima. Los alcances máximos de depósitos de colapso del antiguo volcán Paleofuego se extienden más allá de 9 km al sur de la ciudad de Colima. De esta forma, en el municipio de Colima, tanto la ciudad de Colima, El Chanal, La Capacha, El Alpuyequito, El Astillero de Abajo, El Astillero de Arriba, El Bordo, La Media Luna, Loma de Juárez (El Mezquite), Cardona y Ticuizitán serían poblaciones que podrían verse afectadas por avalancha de escombros. Los fechamientos de depósitos por C^{14} van desde 45,000 a 2,500 años antes del presente, sin embargo la ciclicidad de eventos catastróficos de este tipo no ha sido aún determinada con precisión pero se presume en miles de años. Por esta razón, el escenario de avalancha de escombros volcánicos es el que menos probabilidades de ocurrencia tiene, toda vez que el último evento de este tipo que tuvo afectación a la zona del actual municipio de Colima ocurrió hace 7,400 años.

Los flujos de lodo o lahares son el segundo depósito más abundante en un radio de 15 a 20 km del volcán. En grandes erupciones pueden afectar las partes más bajas del volcán por inundación. Es un peligro que no ha afectado al municipio de Colima pero que debemos tenerlo presente y clasificarlo como de riesgo medio. Su área de afectación mayor son las zonas cercanas a las barrancas que

descienden del volcán y que debido a represamientos podrían alcanzar alguno de los cauces que cruzan el municipio de Colima. De especial interés son las poblaciones asentadas en los márgenes del río Naranjo.

De la misma forma todo el municipio de Colima podría ser afectados por lluvia de ceniza en grandes erupciones. Sin embargo el riesgo resulta medio toda vez que el mapa de peligros determina las áreas de afectación por caída de ceniza, y en él encontramos que el eje de dispersión este-noreste se presenta preferentemente de noviembre a mayo, con velocidades de 16 a 33 metros por segundo. Por su parte, el eje de dispersión al oeste, se presenta preferentemente de junio a octubre, con velocidades de 12 metros por segundo. Fuera de los límites señalados en el mapa se espera que las lluvias sean menos intensas y con menores tamaños y espesores. Tal es el caso del municipio de Colima que se encuentra al sur-sureste del edificio volcánico. Asimismo, en el registro histórico de erupciones el nivel de afectación al municipio de Colima por caída de ceniza ha sido muy limitado.

La zonificación del riesgo volcánico en el municipio de Colima no muestra afectación por flujos de lava, flujos piroclásticos y caída de bombas volcánicas.

5.1.12 Obras y Acciones

Las obras propuestas para este riesgo volcánico se basan en el saneamiento periódico de los cauces de los ríos que cruzan el municipio. Esto simplemente es una acción preventiva previa a la temporada de lluvias, pues los lahares pueden dispararse principalmente en esta época. A diferencia de otros volcanes, el volcán de Fuego de Colima no tiene un glaciar que pueda ser fundido por una erupción y cause un Lahar que arrase el valle. Sin embargo, durante la temporada de lluvias son varios eventos de este tipo que descienden por las barrancas y su dimensión estará potenciada debido a la cantidad de lluvia presente en el momento y al material existente diseminado en las barrancas y cauces producto de las erupciones registradas en los meses previos, principalmente lava y cenizas.

Ante una erupción volcánica grande, como las que han ocurrido en otros siglos en el volcán de Fuego de Colima, pueden esperarse pérdidas casi totales de bienes; por lo que la única forma de proteger la vida humana es por medio de evacuaciones preventivas. Dentro de las acciones que se proponen están las de establecer campañas de información a la población sobre los peligros volcánicos y sus consecuencias, y realizar simulacros de evacuación, toda vez que una población bien informada y entrenada, tendrá una mejor capacidad de respuesta ante este tipo de fenómenos.

Asimismo, se deberá reglamentar la no construcción cerca de las barrancas que descienden del volcán y sobre los antiguos cauces de ríos y barrancas por donde puede correr material producto de la erupción, como un flujo de lodo y rocas.

Ante un escenario de lluvia de ceniza se deberá poner en práctica lo siguiente:

- Sepa anticipadamente qué es lo que se puede esperar y cómo enfrentarlo; eso hará manejable la situación.
- En las áreas con ceniza, use máscaras para el polvo y lentes con protecciones para los ojos. Si usted no tiene una máscara para polvo, use un pañuelo o tela húmeda. De preferencia no use lentes de contacto.
- Tanto como sea posible, mantenga la ceniza fuera de casas-edificios, maquinaria, suministros de agua, aire acondicionado, drenajes, cañerías, alcantarillas, etc.
- Permanezca dentro de su casa o habitación para minimizar la exposición –especialmente si usted padece de enfermedades respiratorias.
- Minimizar los viajes. Manejar durante una lluvia de ceniza es arriesgado para usted y su automóvil.
- No sature las líneas telefónicas con llamadas que no sean de emergencia.
- Use su radio para recibir información sobre la caída de ceniza y lo que debe hacer.

¿Qué hacer antes de una lluvia de ceniza?

Mientras se encuentre en un automóvil, en su casa, trabajando o jugando, usted siempre debe estar preparado. La lluvia intermitente de ceniza y la re-suspensión de ceniza en la tierra pueden continuar durante semanas o meses.

En casa:
Guarde en su casa y oficina estos artículos que le serán de utilidad en caso de cualquier emergencia por peligros naturales:

- Máscara para polvo y repuestos.
- Suficiente comida no-perecedera al menos para tres días.
- Suficiente agua potable al menos para tres días (4 litros por persona por día)
- Plástico autoadherible para envolver (para proteger los aparatos electrónicos)
- Botiquín de primeros auxilios y medicinas regulares.
- Una radio de pilas con paquetes de baterías extras.
- Linternas con baterías extras.
- Madera extra, si usted tiene chimenea o estufa de madera.
- Frazadas o mantas extras y ropa de abrigo.
- Suministros de limpieza (escoba, aspiradoras, palas, etc.)
- Pequeñas cantidades de dinero en efectivo extra (los cajeros automáticos pueden no funcionar)

Los niños

- Explíqueles qué es un volcán y qué deben esperar y hacer si llueve ceniza.
- Que conozcan el plan de emergencia de su escuela.
- Tener disponibles juegos actividades de mesa.

Los animales domésticos

- Guardarles comida extra y agua para beber.
- Mantener medicinas extras a la mano.
- Guarde sus animales bajo techo, si es posible.

El automóvil

- Cualquier vehículo puede ser considerado una segunda vivienda móvil. Lleve siempre algunos artículos que le sean de utilidad en caso de retrasos, emergencias, o fallos mecánicos.
- Use máscaras del polvo y lentes con protección para los ojos.
- Mantas extras y ropa de abrigo
- Comida de emergencia y agua para beber.
- Suministros de emergencia: botiquín de primeros auxilios, linterna, extintor de incendios, toma de corriente, señales luminosas, cerillos, y un manual de supervivencia, etc.
- Lona impermeable y soga gruesa para remolque.
- Filtros extras de aire y aceite, aceite extra, repuestos del limpia parabrisas y líquido limpiador del parabrisas.
- Teléfono celular con batería extra.

¿Qué hacer durante y después de una caída de ceniza?

En casa:

- Cierre puertas, ventanas. Ponga toallas húmedas en los umbrales de las puertas y donde se originen corrientes de aire; ponga cinta en las ventanas por donde pueden entrar corrientes de aire.
- Humedezca la ceniza en patios, jardines y calles para reducir la re-suspensión.
- Poner tapaderas encima de los tubos de desagües (en las canaletas).

- Proteja los electrodomésticos sensibles al polvo.
- Partiendo del hecho que la mayoría de los techos no pueden soportar más de 10cm de ceniza mojada, mantenga los techos libres de gruesas acumulaciones. Una vez que la lluvia de ceniza ha parado, barra o limpie con pala la ceniza de los techos, tejados y canaletas. Lleve su máscara para polvo y tenga precaución en escaleras de mano y tejados.
- Quítese la ropa en el exterior antes de entrar a su casa. Cepille, sacuda y ponga a remojar la ropa impregnada con ceniza antes de lavarla.
- Si existe ceniza en su agua, déjela asentar, y después, use el agua pero de preferencia no la beba. En casos raros dónde hay mucha ceniza en el suministro de agua, no use su lavaplatos o lavadora.
- Usted puede comer las verduras que se cultivan en su jardín, pero lávelas primero.
- Para el polvo puede usar la aspiradora en lugar de trapos o telas para el polvo que pueden ponerse abrasivas y rayar sus muebles.
- Use una radio con pilas para recibir la información.

Los niños
- Siga las instrucciones escolares para el cuidado de los niños en la escuela.
- Mantenga a los niños dentro de habitaciones cerradas; no fomente juegos activos en escenarios con polvo. Las máscaras del polvo no ajustan bien en niños muy pequeños.

Los animales domésticos
- Guarde los animales domésticos dentro. Si logran salir cepíllelos o aspírelos antes de permitirles entrar.
- Asegúrese de que el ganado tenga comida y agua limpia.
- No fomente actividades en zonas polvorientas.

El automóvil
- Si es posible, no maneje; la ceniza causa daños a los vehículos.
- Si usted debe manejar, maneje despacio, use los faros de automóvil, y use suficiente líquido limpiador de parabrisas.
- Cambie el aceite, filtros de aceite, y filtros de aire frecuentemente (cada 80 a 160 km) en ceniza densa, es decir, menos de 15 metros de visibilidad (cada 800 a 1600 km con ceniza ligera).
- No maneje sin un filtro de aire. Si usted no puede cambiar el filtro de aire, límpielo soplando el aire a presión de dentro hacia fuera.
- Si el automóvil tarda en encender o fallan los frenos, empuje el coche a un lado del camino para evitar ser golpeado por otros vehículos. Quédese en su automóvil.

¿Qué hacer durante el período de limpieza general?

- Minimice el manejar vehículos y otras actividades que remuevan la ceniza.
- Remueva la ceniza tanto como pueda de las áreas más frecuentemente usadas. Limpie de arriba hacia abajo utilizando una mascarilla para polvo.
- Antes de barrer, humedezca la ceniza para evitar el levantamiento. Tenga cuidado de no dejar la ceniza dentro de alcantarillas, desagües, cañerías drenajes pluviales, etc.
- Use el agua de forma económica. El uso inadecuado de agua para la limpieza puede reducir el suministro público de esta.
- Proteja los electrodomésticos y microcomponentes (por ejemplo, computadoras, maquinaria, etc.) hasta que el ambiente quede libre de ceniza.
- Solicite consejo de las autoridades sanitarias con respecto a la eliminación de la ceniza volcánica en su comunidad.
- La ceniza húmeda puede ser resbalosa. Tenga cuidado cuando suba escaleras y techos.
- Establezca el cuidado de los niños para auxiliar a los padres involucrados en la limpieza general.

Como medida general se deberán establecer programas permanentes de vigilancia volcánica y recursos destinados para ello, toda vez que el monitoreo de un volcán activo es la única herramienta con la que se pueden hacer diagnósticos y pronósticos de la actividad que pueden poner en alertamiento preventivo a las autoridades y la población civil.

5.2 SISMOS[131]

La sismicidad es uno de los fenómenos derivados de la dinámica interna de la tierra que ha estado presente en la historia geológica de nuestro planeta, y que seguramente continuará manifestándose de manera similar a lo observado en el pasado. Los sismos no pueden predecirse, es decir, no existe un procedimiento confiable que establezca con claridad la fecha y el sitio de su ocurrencia, así como el tamaño del evento. Sin embargo, los sismos se presentan en regiones bastante bien definidas a nivel regional y se cuenta con una estimación de las magnitudes máximas, en función de los antecedentes históricos y estudios geofísicos.

Durante el siglo pasado ocurrieron 71 sismos en el territorio nacional y sus alrededores inmediatos con magnitud mayor o igual que siete, 55 de ellos (77%) con profundidades menores de 40 km, es decir, muy cerca de la superficie terrestre. Por lo anterior, es claro que el grado de exposición de la población y sus obras civiles a los sismos es alto y, con fines preventivos, resulta indispensable conocer con la mayor claridad cuál es el nivel de peligro de un asentamiento humano o área específica, la distribución geográfica de la influencia del fenómeno, la frecuencia de ocurrencia, etcétera.

Ante la gran cantidad de información disponible acerca de daños por temblor en diferentes partes del mundo, se piensa que cada vez hay más temblores. Una revisión somera de un catálogo sísmico mundial o regional, que cubra un periodo considerable (50 ó 100 años), dejará ver que no hay variación en el número de temblores por unidad de tiempo. En realidad, lo que sí muestra un crecimiento importante son, por una parte, las áreas ocupadas por los asentamientos humanos que, en la mayoría de los casos, carecen de una planeación adecuada y se desarrollan sobre terrenos proclives a la amplificación del movimiento sísmico, empleando técnicas constructivas inadecuadas. Asimismo, debe tomarse en cuenta que el número de estaciones de registro sísmico aumenta constantemente, por lo que el número de temblores reportados, sobre todo de magnitudes bajas y moderadas, también crece.

El tener conocimiento acerca de la frecuencia con que se presenta el fenómeno, cuál es el impacto que se tendría o ha tenido, el tamaño del área afectable, entre otros aspectos, permite dar la debida importancia a la generación, actualización y aplicación de reglamentos de construcción, así como de especialistas en construcción, definición y planeación de acciones de prevención y organización de grupos de trabajo para la atención de una posible emergencia. Adicionalmente, se tendrá una base importante para la promoción y el sostenimiento de una cultura de protección civil.

5.2.1 *Zonas sísmicas en México*

La litosfera está dividida en varias placas, cuya velocidad de desplazamiento es del orden de varios centímetros por año. El territorio mexicano se encuentra afectado por la interacción de cinco placas tectónicas. En los límites entre placas, donde éstas hacen contacto, se generan fuerzas de fricción que impiden el desplazamiento de una respecto de la otra, generándose grandes esfuerzos en el material que las constituye. Si dichos esfuerzos sobrepasan la resistencia de la roca, o se vencen las fuerzas de fricción, ocurre una ruptura violenta y la liberación repentina de la energía acumulada. Desde el foco (o hipocentro), ésta se irradia en forma de ondas sísmicas, a través del medio sólido de la tierra en todas direcciones. (Figura 5.7).

[131] Mendoza L. Manuel J. y Domínguez M. Leobardo Integración de información para la estimación del peligro Sísmico, en Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos (2004) CENAPRED pp. 61-98.

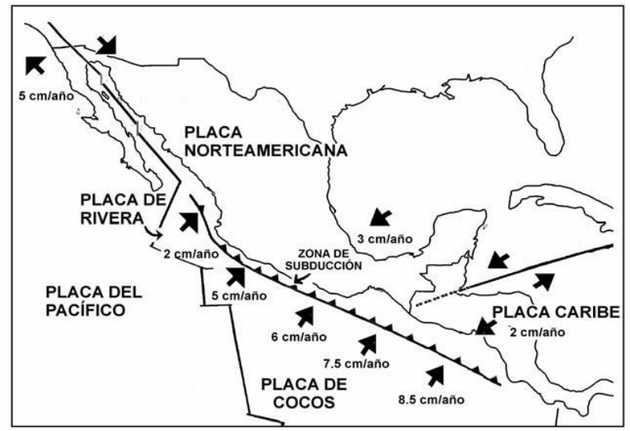


Figura 5.7.- Placas tectónicas y sus correspondientes velocidades relativas promedio.

Los epicentros de la mayor parte de los terremotos de gran magnitud (mayores o iguales que 7, que llegan a ocasionar grandes daños, se ubican en las costas de Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas. También han ocurrido, aunque con menor frecuencia, grandes sismos en el centro y sur de Veracruz y Puebla, norte y centro de Oaxaca y Chiapas, en la zona fronteriza entre Baja California y los Estados Unidos e incluso en el Estado de México y Sonora. (Figura 5.8).

Figura 5.8.- Epicentros de temblores con magnitud 7 o mayor, ocurridos en o cerca del territorio nacional durante el siglo XX.

La profundidad típica de los eventos costeros es de 15 a 25 km, mientras que los eventos con epicentros tierra adentro suelen tener profundidades alrededor de 60 o 70 km.

5.2.1.1 Intensidad Sísmica

La intensidad de un sismo se refiere a un lugar determinado; se asigna en función de los efectos causados en el hombre, en sus construcciones y en general, en el terreno natural. La asignación de un grado de intensidad determinado resulta un tanto subjetiva debido a que depende de la sensibilidad de las personas y de la apreciación que se haga de los efectos. Sin embargo, la asignación cuidadosa de la intensidad sísmica resulta de gran utilidad para estudiar sismos históricos o aquellos que impactan zonas donde se carece de instrumentos de registro.

La Tabla 5.3 muestra la Escala de Intensidad de Mercalli modificada abreviada. Para cada grado se presentan, de manera resumida, los principales efectos asociados.

Tabla 5.3.- Escala de Intensidad de Mercalli modificada abreviada.

I	No sentido, excepto por algunas personas bajo circunstancias especialmente favorables.
II	Sentido sólo por muy pocas personas en posición de descanso, especialmente en los pisos altos de los edificios. Objetos suspendidos pueden oscilar delicadamente.
III	Sentido muy claramente en interiores, especialmente en los pisos altos de los edificios, pero mucha gente no lo reconoce como un terremoto. Automóviles parados pueden balancearse ligeramente. Vibraciones como al paso de un camión. Duración apreciable.
IV	Durante el día sentido en interiores por muchos, al aire libre por algunos. Por la noche algunos despiertan. Platos, ventanas y puertas agitados; las paredes crujen. Sensación como si un camión pesado chocara contra el edificio. Automóviles parados se balancean apreciablemente.
V	Sentido por casi todos, muchos se despiertan. Algunos platos, ventanas y similares rotos; grietas en el revestimiento en algunos sitios. Objetos inestables volcados. Algunas veces se aprecia balanceo de árboles, postes y otros objetos altos. Los péndulos de los relojes pueden pararse.
VI	Sentido por todos, muchos se asustan y salen al exterior. Algún mueble pesado se mueve; algunos casos de caída de revestimientos y chimeneas dañadas. Daño leve.
VII	Todo el mundo corre al exterior. Daño insignificante en edificios de buen diseño y construcción; leve a moderado en estructuras corrientes bien construidas; considerable en estructuras pobremente construidas o mal diseñadas; se rompen algunas chimeneas. Notado por algunas personas que conducen automóviles.
VIII	Daño leve en estructuras diseñadas especialmente; considerable en edificios corrientes sólidos con colapso parcial; grande en estructuras de construcción pobre. Paredes separadas de la estructura. Caída de chimeneas, rimeros de fábricas, columnas, monumentos y paredes. Muebles pesados volcados. Eyección de arena y barro en pequeñas cantidades. Cambios en pozos de agua. Conductores de automóviles entorpecidos.
IX	Daño considerable en estructuras de diseño especial; estructuras con armaduras bien diseñadas pierden la vertical; grande en edificios sólidos con colapso parcial. Los edificios se desplazan de los cimientos. Grietas visibles en el suelo. Tuberías subterráneas rotas.
X	Algunos edificios bien construidos en madera, destruidos; la mayoría de las obras de estructura de ladrillo, destruidas junto con los cimientos; suelo muy agrietado. Rieles torcidos. Corrimientos de tierra considerables en las orillas de los ríos y en laderas escarpadas. Movimientos de arena y barro. Agua salpicada y derramada sobre las orillas.
XI	Pocas o ninguna obra de albañilería quedan en pie. Puentes destruidos. Anchas grietas en el suelo. Tuberías subterráneas completamente fuera de servicio. La tierra se hunde y el suelo se desliza en terrenos blandos. Rieles muy retorcidos.
XII	Destrucción total. Se ven ondas sobre la superficie del suelo. Líneas de mira (visuales) y de nivel, deformadas. Objetos lanzados al aire.

5.2.1.2 Magnitud Sísmica

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

En 1932, Charles Richter desarrolló una escala estrictamente cuantitativa, aplicable a sismos ocurridos en regiones habitadas o no, utilizando las amplitudes de las ondas registradas por un sismógrafo. Su escala tiene aplicación para sismos superficiales y relativamente cercanos.

Dada la conveniencia de describir el tamaño de un terremoto empleando un número (magnitud), se ha requerido que el método se amplíe a otros tipos de sismógrafos usados en el mundo y las diferencias en profundidad y tamaño de los temblores. Consecuentemente, hay varias escalas de magnitud, por ejemplo, la de ondas superficiales (M_s), magnitud de ondas de cuerpo (M_b) o la magnitud de momento sísmico (M_w) que, a diferencia de las otras, expresa siempre el tamaño real del temblor por grande que éste sea.

Los medios de comunicación usualmente proporcionan el dato de magnitud de cualquier sismo acompañado con el apellido Richter, por haber sido esa la primera escala de magnitud.

La diferencia de un grado de magnitud entre dos sismos cualesquiera implica, en términos de energía liberada, una diferencia aproximada de 32 veces (Tabla 5.4).

Tabla 5.4.- Equivalencia entre magnitudes.

Un temblor de magnitud 8 equivale a	**32** de magnitud **7**
	1,000 de magnitud **6**
	32,000 de magnitud **5**
	1´000,000 de magnitud **4**

Por tanto, es fácil notar que un sismo de magnitud 4, como los que llegan a ocurrir varias veces por semana a lo largo de la costa occidental de México, no es la mitad de uno de magnitud 8, cuyo periodo de repetición en una determinada región puede ser de varias décadas.

5.2.2 *Sismicidad de Colima*

El estado de Colima, así como los estados de Jalisco y Michoacán, están ubicados en la zona Occidente de México. El mapa de Regionalización Sísmica de México[132] (Figura 5.9), permite conocer, en términos generales, el nivel de peligro que tiene todo el país. Dicho mapa tiene una clasificación en cuatro regiones, de la A a la D, en donde A representa el nivel más bajo de peligro y la D, el más alto. Este mapa muestra que el estado de Colima está completamente dentro de la zona D, la zona del peligro sísmico máximo (Figura 5.10).

[132] Manual de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad, capítulo Diseño por Sismo, 1993.

Figura 5.9.- Mapa de Regionalización sísmica de México (CFE, 1993).

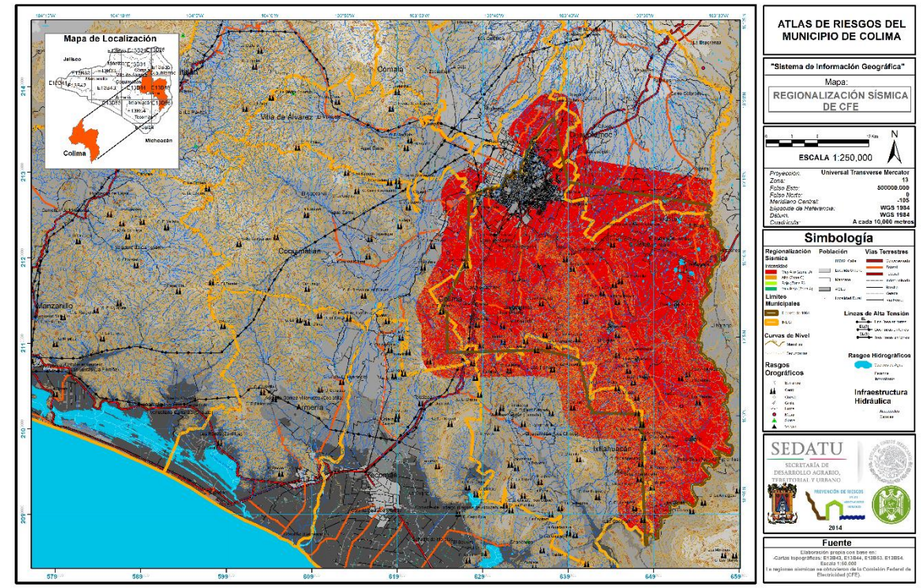


Figura 5.10.- Regionalización sísmica del municipio de Colima

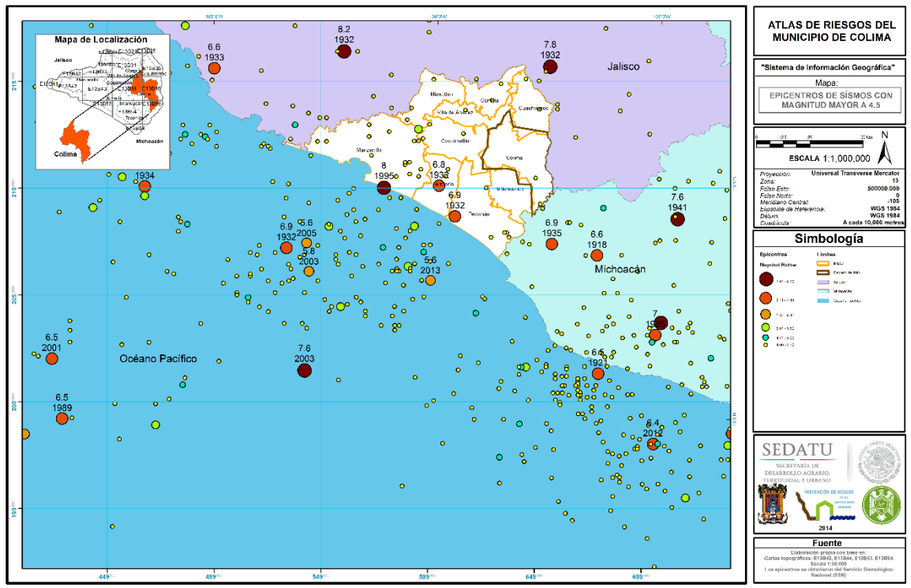
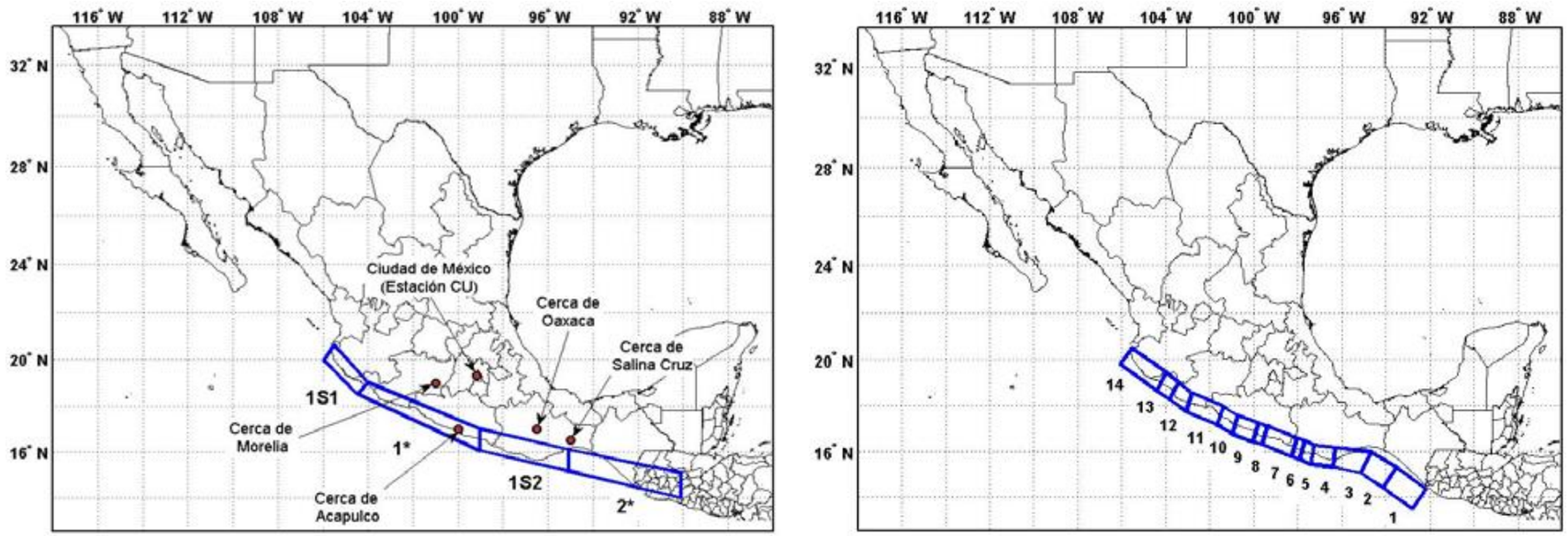


Figura 5.11.- Epicentros del periodo 1900-2014 con magnitudes >=4

El cálculo de peligro sísmico, requiere cálculos estadísticos y la caracterización de modelos sobre la ocurrencia de un sismo, las zonas de fuente sísmicas, las relaciones de magnitud recurrencia, y las leyes de atenuación. Los catálogos históricos y registros de movimiento del terreno son esenciales para establecer los modelos. La ocurrencia de sismos es comúnmente modelada como un proceso Poisoniano, aunque también se ha considerado como un proceso no Poisoniano. Más aún, se asume frecuentemente que la ocurrencia de un sismo es estadísticamente homogénea en magnitud y ubicación dentro de una zona de la fuente sísmica. Para evaluar el peligro sísmico, en Colima se consideran las fuentes sísmicas proporcionadas por Ordaz y Reyes (1999) (Figura 5.12)[133].

[133] Hong, Hanping. PELIGRO, RIESGO Y DISEÑO SÍSMICO ÓPTIMO. http://academiadeingenieriademexico.mx/archivos/ingresos/hong/trabajo_final.pdf



a) b)

Figura 5.12.- Zonas de fuentes sísmicas.

La relación de magnitud-recurrencia $\lambda(M_w)$ para $M_w < 7$ (Figura 5.12a), está definida por:

$$\lambda(M_w) = \frac{1 - \exp(-\beta(M_w - M_L)}{1 - \exp(-\beta(M_U - M_L)}$$

Y para $M_w > 7$ es Figura (5.12b):

$$\lambda(M_w) = \lambda_7(1 - \Phi\left(\frac{M_w - m_M}{S_M}\right)$$

Donde M_w= magnitud momento, M_L=4.5, M_u = 7, m_M=7.5, s_M = 0.3, $\Phi(\quad)$ denota la función de probabilidad normal estándar, y λ_0, β, y $\lambda_7 = \frac{\lambda(7)}{1-\Phi\left(\frac{7-m_M}{s_M}\right)}$ son parámetros de modelación[134].

Las zonas sísmicas que afectan a Colima, son 1S1 y 1* (Figura 5.12a) para sismos con $M_w < 7$, y para sismos con $M_w > 7$, las fuentes sísmicas son la zona 12 y la zona 13 (Figura 5.12b), los parámetros, tasa de excedencia y los límites de la zona sísmica se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 5.5.- Parámetros de tasas de excedencia para las zonas sísmicas que afectan a Colima.

Zona	λ_0 ó λ_7 (1/año)	β	LÍMITE DE LA FUENTE SÍSMICA (LAT, LON)
1S1	2.014	1.827	19.975, -105.975 18.513, -104.475 19.025, -104 20.65, -105.525
1*	4.792	1.547	18.513, -104.475 16.063, -99.030 17.025, -99.03 19.025, -104
12. Colima	0.01786		18.265, -103.847 17.740, -103.080 18.558, -102.808 19.032, -103.423
13. Brecha Colima	0.01675		18.668, -106.686 18.668, -104.432 19.446, -103.968 20.505, -103.968

5.2.3 Atenuación de intensidad con la distancia

De acuerdo con un registro obtenido por el Centro de Instrumentación y Registro Sísmico (CIRES), para el sismo del 21 de enero de 20003, en una zona de terreno blando dentro de la planta termoeléctrica de Manzanillo, la aceleración máxima (Amáx) alcanzó un valor de 323 gal para la componente horizontal.

[134] Hong, Hanping. PELIGRO, RIESGO Y DISEÑO SÍSMICO ÓPTIMO. http://academiadeingenieriademexico.mx/archivos/ingresos/hong/trabajo_final.pdf

Por otra parte, el SSN cuenta con una estación de banda ancha, ubicada cerca de la ciudad de Colima, con la que se registraron aceleraciones del terreno durante ese sismo del 2003, aunque sólo para los primeros 10 segundos del sismo, debido a una falla instrumental. Los valores máximos (Amáx), que corresponden a ondas P, son 47.8, 70.5 y 72.1 gal, para los componentes NS, EO, y vertical, respectivamente. Es probable que en la ciudad de Colima, tomando en cuenta el nivel de daño observado, las aceleraciones máximas hayan alcanzado niveles similares al reportado para Manzanillo.[135]

Para el estudio de atenuación de intensidad, a través de la zona de origen para la zona sísmica que afecta a Colima, no existe información de registros de aceleraciones del terreno suficiente, por lo que se consultó el estudio macrosísmico del 21 de enero de 2003, dicho evento es uno de los sismos que más ha afectado al municipio de Colima.

La forma standard de la ecuación macrosísmica de Muson and Cecic (2002) es:

$$I = aM_s + blogR + cR + d$$

Donde **I** es la intensidad del sismo, **R** es la distancia hipocentral, los coeficientes **b** y **c** son los coeficientes ajustados como coeficientes de esparcimiento geométrico de las ondas sísmicas y de absorción, y **d** es un coeficiente libre. El estudio macrosísmico del evento del 9 de octubre de 1995 con un sismo de M_s *7.4* (M_W *8.0)*, el cual tiene una fuente de ruptura orientada en dirección a la trinchera mesoamericana, da la ecuación macrosísmica para este evento como:

$$I = 1.05M_s - 1.1logR - 0.006R$$

En el estudio consultado se compararon las rupturas de cada uno de los eventos de 1995 y 2003, estos coincidieron en la misma dirección. Por lo que se compararon los resultados de los efectos macrosísmicos del sismo del 21 de enero de 2003 con la ecuación anterior. La atenuación de la intensidad con la distancia, según datos del estudio, se presentaron intensidades desde III hasta VII en un radio de 350 km, mostrado en la Figura 5.13[136]

De acuerdo con el estudio macrosísmico, en el municipio de Colima se tuvieron intensidades de VI y VII (Tabla 5.3).

[135] El sismo de Tecomán del 21 de enero de 2003. http://www.ordenjuridico.gob.mx/Publicaciones/CDs2010/CDProteccion/pdf/10D.pdf
[136] Zobin V., Pizano J. Maroseismic Study of de M_w 7.5 January 2003 Colima, México Across-Trench Earthquake. Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 97, No. 4, pp. 1221-1232, August 2007, doi; 10.1785/0120060080

Figura 5.13.- Atenuación de Intensidad con la distancia del sismo del 21 de enero de 2003. Los círculos azules son sitios con anomalías en la intensidad. La curva es calculada de acuerdo a la ecuación macrosísmica del sismo de 1995 (Zobin, 2007).

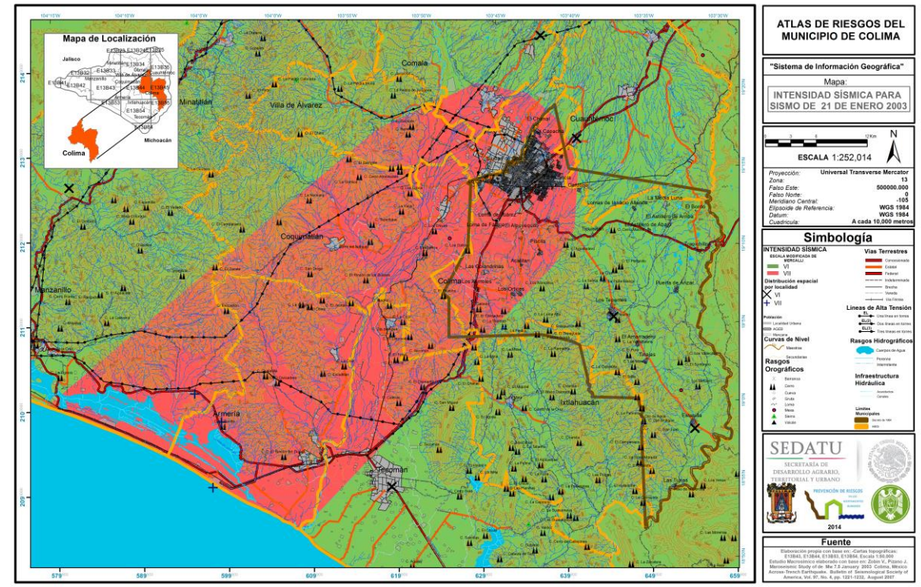


Figura 5.14.- Mapa de Intensidad para el sismo del 21 de enero de 2003.

Según los datos del estudio, se tiene que en la zona urbana de Colima y la localidad de Santa Rita la Intensidad MM fue de VII. En las localidades de Estapilla, Los Tepames y Tinajas, tuvieron intensidades de Mercalli entre VI-VII. El mapa de Intensidad para el sismo del 21 de enero de 2003 es mostrado en la Figura 5.14.[137]

5.2.4 Sismicidad histórica en Colima

La historia sísmica de Colima se encuentra documentada a partir del siglo XVI, cuando los primeros asentamientos de origen español se establecieron en el territorio del actual estado de Colima. Al ser la ciudad de Colima el sitio en el cual quedaron los poderes de mando, es en donde tenemos el mayor número de referencias de los sismos ocurridos durante los siguientes años. No cabe duda que las noticas suelen ser en ocasiones confusas pero nos dan un panorama general del fenómeno sentido. A la fecha pueden contabilizarse un número aproximado a 40 sismos que de algún modo han afectado al territorio de Colima y su ciudad capital.

[137] Zobin V., Pizano J. Macroseismic Study of de M_w 7.5 January 2003 Colima, México Across-Trench Earthquake. Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 97, No. 4, pp. 1221-1232, August 2007, doi; 10.1785/0120060080.

El primer sismo del que se tiene noticia tuvo lugar el 27 de mayo de 1563 y afectó la costa de Colima y Jalisco, principalmente en Barra de Navidad[138]. El 14 de abril de 1574 un terremoto causó daños materiales y pérdidas humanas en Colima; se dice que tiró la iglesia, y muchas casas. Sin embargo, se sabe que fue sentido también con fuerza en Guadalajara y Michoacán y con menos intensidad en Acapulco, la Mixteca, el valle de Oaxaca y la Costa[139]. Una réplica de este sismo fue sentida al día siguiente en Zapotlán el Grande pero no produjo víctimas ni destrucción de casas.

En 1609 hubo un gran terremoto en Colima que "puso tal espanto en los habitantes", que el Ayuntamiento citó a sus miembros a una sesión plena para elegir un santo patrón de la villa que la librara de todas estas calamidades. Entre abril y agosto de 1611, varios fueron los sismos que se sintieron en Colima y Zapotlán el Grande. Al parecer, el 14 y 15 de abril se apreciaron algunos temblores. El 26 y 31 de agosto la actividad sísmica fue sentida nuevamente en Colima y Zapotlán, en este último lugar, el sismo del día 26 derribó la iglesia, el Hospital de la Purísima Concepción y varias fincas.[140] El 15 y 16 de abril de 1616, en la Villa de Colima hubo una fuerte actividad que se mantuvo varios meses y culminó el 10 de junio con otra sacudida.[141] El 10 de junio de 1625 se dice que como consecuencia de una fuerte actividad sísmica fueron destruidos varios templos y grandes fincas en Colima. No se precisan más datos pero al parecer se trató de una fuerte sacudida.

El 10 de junio de 1680 ocurrió una fuerte actividad sísmica. Se dice que el sismo ocasionó la caída de todos los templos y la mayor parte de las casas de la Villa de Colima y pueblos cercanos.[142] Se sabe que para ese entonces existían por lo menos la iglesia y monasterio de San Francisco de Almoloyan y tres ermitas: San Lázaro, San Andrés y la de Nuestra Señora. Sin duda, el edificio más afectado durante esta etapa fue el antiguo monasterio de San Francisco de Almoloyan, que ocupaba parte de los terrenos de la actual iglesia de San Francisco.[143] Otro sismo ocurrido fue el del 15 de octubre de 1687 pero del cual no se tienen más detalles.[144]

Antes de terminar el siglo XVII, el 23 de febrero de 1690, "hubo un temblor terrible en Colima que derribó todos los templos y la mayor parte de las casas de la ciudad y pueblos cercanos, viéndose obligados los frailes a celebrar sus oficios en una enramada que se formó en la plaza pública". Sabemos que el sismo fue sentido también en México en donde "tembló la tierra y se tocó plegaria".[145]

En 1711, el domingo 16 de agosto, entre las once y doce de la noche hubo un temblor de tierra "que arruinó muchos edificios". La duración de este sismo la extienden las crónicas por varios minutos, tratándose seguramente de varias réplicas que fueron sentidas en el lapso de media hora. Se habla del impacto en muchos sitios aunque no se especifica en ninguna fuente cuál fue la afectación que sufrió Colima. El 25 y 26 de junio de 1739 sucedieron algunos terremotos que afectaron principalmente a las ciudades de Colima y Guadalajara destruyendo casas e iglesias, aunque también fue sentido en otros territorios del país.

El 29 de septiembre de 1770, fueron sentidas en Colima y Guadalajara varias sacudidas en un lapso de pocas horas. En 1786, en un año especialmente seco, ocurrió en Colima, el 26 de junio a las 2:45 de la mañana, "un fuerte terremoto con repetición". A pesar de que no se contabilizaron daños de consideración, se dice que el sismo "atemorizó mucho a los habitantes". En 1790, un nuevo sismo volvió a dejar en la región de Colima y Jalisco "ruinas y luto". El sismo afectó principalmente a Zapotlán y en Colima se indica que "casi derribó a todos los edificios de la localidad". El 17 de junio de 1795 fue sentido en Colima un "terrible temblor de tierra con un ruido subterráneo fuerte y fiero y extraño". El sismo ocurrió a la una y media de la mañana y tuvo una duración aproximada de 10 a 15 segundos, provocando la cuarteadura de algunas casas y la caída de sus tejas.[146]

El 3 de diciembre de 1805, 25 de junio de 1806, 16 de septiembre de 1807, 13 de noviembre de 1816, se registraron fuertes sismos que afectaron la región.

---

[138] Catálogo de la historia sísmica de Colima, 1896, p. 64.
[139] Tello y Mota Padilla, Martínez, 1890.
[140] *Idem*; Vizcaíno, p. 4.
[141] Tuvo características muy especiales pues se dice que coincidió con un eclipse de sol, lo que aumentó el pavor entre la población. Catálogo, 1896 p. 64.
[142] Augusto Hernández, C., 1995, p. 125.
[143] Este edificio sufrió también los embates de los sismos de 1806, 1816 y 1818 que produjeron su ruina.
[144] El Comentario, miércoles 15 de octubre de 2003. Universidad de Colima
[145] Robles, A., 1853, III, p. 35.
[146] Bretón, M. El Volcán de Fuego de Colima, seis siglos de actividad eruptiva, 1523-2010, (2012), p. 41.

El 30 de mayo de 1818 a las 3:07 de la mañana ocurrió un fuerte terremoto.[147] En Colima “casi todas las casas derribó, causando 80 muertos y 72 heridos de gravedad”, destruyendo además la parroquia en la que actualmente se localiza la catedral.[148] El 2 de octubre del mismo año repitió otro sismo que terminó por destruir las fincas que no habían sido derribadas con el sismo del 31 de mayo.

El 7 de abril de 1845, a las 3:47 de la tarde, sucedió un sismo que afectó a la ciudad de Colima, destruyendo, varias casas y, entre otras cosas, la pared de las tiendas de comercio de los portales “por hallarse no sólo desplomada notablemente, sino muy cuarteada por los fuertes temblores que han incidido estos días y de que no hay seguridad deban cesar”. Se sabe que días antes otros sismos se habían sentido en la zona, uno el 8 de marzo, otro el 31 de marzo a las 11 de la noche, el siguiente el 1 de abril de a las 3:15 de la madrugada y uno más a las 11:45 de la noche del 2 de abril, “éste echó abajo algunas paredes arruinadas”.

Dos años después, el 2 de octubre de 1847, a las 10:55, fue sentido en las ciudades de Colima, Zapotlán, Ocotlán y San Ana un fuerte temblor de tierra.[149] Un año después, el sábado 2 de octubre de 1848, a las 7 de la mañana, se sintió un terremoto del que se dice tuvo larga duración y que provocó el derribo de varias casas y arruinó el templo parroquial.[150]

El 24 de febrero de 1875 a las 9:10 de la noche la ciudad de Colima resultó afectada por el sismo que fue sentido con igual intensidad aunque no se precisa en qué consistieron los daños.[151]

El 19 de enero de 1900 a las 11:45 de la noche, un movimiento oscilatorio seguido de una trepidación creciente de oeste a este que tuvo una duración de 1 minuto 15 segundos y afectó a sitios como Colima, Almoloyan, Tecomán, Teutlán, Ixtlahuacán, Tecalitlán, Tolimán, Zapotitlán, Villa de Álvarez, Cuyutlán y Coahuayana, entre otros. Muchos edificios resultaron dañados como la Catedral, el Beaterio, la iglesia del Sagrado Corazón de Jesús, la de la Sangre de Cristo, San Francisco de Asís, varias escuelas, el Seminario Conciliar, el Hospital Civil, el Orfanatorio, la Cárcel, el portal Medellín, los portones de la tapia del Jardín Núñez y unas 200 casas. Se dice que murieron 8 personas y más de 50 resultaron heridas y contusionadas.

El 7 de junio de 1911 a las 4:28 de la madrugada, una fuerte sacudida fue sentida en muchos estados del país, incluyendo a Colima. Según los datos oficiales hubo un muerto en el rancho del Agua Hedionda, un herido en la ciudad de Colima, así como dos heridos graves y uno leve en Villa de Álvarez. El templo de la Merced fue casi destruido y tuvo que ser clausurado ante la amenaza que se derrumbase. Las torres del templo de San José cayeron sobre la cúpula de la misma iglesia, derribándola. La catedral de Colima, sufrió grandes cuarteaduras, lo mismo que el palacio de gobierno cuyo reloj cayó durante la sacudida. Según el padre Severo Díaz, este sismo se caracterizó por su larga duración y por haberse sentido con la misma intensidad en todos los puntos que abarcó.

El 3 de junio de 1932 ocurrió el mayor sismo registrado en México durante el siglo XX, de magnitud M_s= 8.4 en Colima y Jalisco. La ciudad de Colima quedó muy afectada. Tecomán, Autlán y Mascota quedaron en ruinas. Se registraron cerca de 300 muertos. Dos días después del sismo ocurrió una réplica y la madrugada del día 18 fue sentida una nueva sacudida. Precedido por la actividad sísmica de los días 3 y 18 de junio de 1932, el 22 de junio de 1932, a las 6:59:28 (hora local) ocurrió un sismo de M_s= 6.9 que originó un tsunami en la costa del estado de Colima.

El 15 de abril de 1941 a la 1:15 de la tarde fue sentido un fuerte terremoto en el estado de Colima que afectó severamente a la ciudad capital. La magnitud del sismo principal fue de 7.7 en la escala Richter[152]. Los efectos de la sacudida provocaron la muerte de 28 personas, más de cien heridos y se contabilizó la caída de más del 80% de las viviendas de la ciudad de Colima.[153] La afectación fue tan grande que los vecinos de la ciudad capital plantearon la reedificación de la ciudad de Colima en la misma área o también buscar edificarla en un sitio próximo. El estado quedó incomunicado con el resto del país durante cuatro días.

---

[147] ARMUNCOL, 1818; C. M. BUSTAMANTE, Cuadro Histórico de la Revolución Mexicana de 1810 (ed. Facsímil, 1985) tomo IV, pp. 540-541.
[148] Su reconstrucción se inició el 1 de octubre de ese mismo año. El Comentario, miércoles 2 de octubre de 2003. Universidad de Colima.
[149] Informe del prefecto de Distrito de Colima al Secretario de Gobierno. En AGN: GMRE, vol. 30, e.6,f.1
[150] El Comentario, jueves 2 de octubre de 2003. Universidad de Colima.
[151] SDN, 8 marzo de 1875, p. 3; Martínez, 1890.
[152] Servicio Sismológico Nacional.
[153] María Mestre Martí, La llegada de la modernidad a la ciudad de Colima.

A las 15:05 horas del día martes 30 de enero de 1973, un fuerte sismo fue sentido en todo el estado de Colima. Los sitios más afectados fueron Manzanillo, en donde numerosas construcciones resultaron afectadas, Tecomán, en donde murieron 10 personas, Armería, Coahuayana y la ciudad de Colima sitio este último en donde los daños materiales fueron menores que en los otros municipios. El tránsito por ferrocarril quedó interrumpido con el puerto de Manzanillo.

El lunes 9 de octubre de 1995 a las 09:35 de la mañana, se registró un sismo en el estado de Colima, que según el Servicio Geológico de los Estados Unidos, alcanzó una magnitud de 8,0 grados. La afectación fue principalmente en la ciudad de Manzanillo, en donde las malas prácticas constructivas ocasionaron la caída de edificios y la muerte de 49 personas. El mayor número de víctimas ocurrió durante el colapso del Hotel Costa Real, causando también daños al hospital de zona del IMSS, la antigua central de autobuses y la Plaza Santiago. En la ciudad de Colima el sismo causó daños en casas y escuelas aunque en menor grado al ocurrido en Manzanillo.

El 21 de enero de 2003 a las 8:06 p.m. fue sentido en todo el estado de Colima un fuerte sismo que tuvo más de un minuto de duración y causó grandes y graves destrozos en las ciudades más importantes de Colima. Se reportaron también daños en 25 localidades, principalmente costeras, de los estados de Jalisco y Michoacán. Los reportes oficiales de Protección Civil contabilizaron 21 muertos y alrededor de 15,000 casas dañadas, resultando más de 3,000 con daños severos. En un principio se mencionó que sólo las casas construidas con adobe habían sufrido los mayores daños, sin embargo, a lo largo de los días se pudo constatar que muchas construcciones realizadas con materiales de calidad y técnicas modernas también sufrieron el embate de la sacudida. Un elevado número de viviendas localizadas en la ciudad de Colima sufrieron severos daños.

5.2.5 Peligro sísmico

La ocurrencia de sismos no es susceptible de variación debida a algún agente artificial; es decir, no es posible influir de manera alguna para que haya menos sismos, que éstos tengan menor magnitud o que su distribución geográfica sea distinta. Por tanto, se debe asumir que el nivel de peligro sísmico en cualquier región del mundo seguirá dándose de acuerdo con los patrones de ocurrencia definidos en el pasado geológico.

Para conocer los niveles de peligro sísmico se requiere de un procedimiento más o menos complejo que implica contar, entre otros elementos, con información de catálogos sísmicos con magnitudes y localizaciones epicentrales confiables y un conocimiento amplio de la tectónica que caracteriza a las diferentes regiones analizadas.

Como sucede en la generalidad de los casos, en México se tiene que recurrir a procedimientos probabilísticos dado que no se cuenta con un catálogo sísmico que cubra periodos suficientemente largos para determinar directamente los periodos de recurrencia característicos de las diferentes zonas sismogénicas. Se tiene, para México un conocimiento bastante claro de la sismicidad a partir del siglo XX. Sin embargo, con respecto al siglo XIX sólo se conoce de manera general la ocurrencia de eventos con magnitudes de 7 en adelante, y es probable que en el catálogo para dicho periodo no se encuentren presentes varios eventos importantes, especialmente de magnitudes entre 6 y 7. Asimismo, las localizaciones epicentrales y las profundidades correspondientes no alcanzan la precisión que se tiene actualmente.[154]

5.2.5.1 Metodología

Consultar el mapa de Regionalización Sísmica de México[155] para ubicar la zona dónde se encuentra el municipio de Colima. Para fines de peligro por sismo, México está dividida, en cuatro zonas, la zona A es la de menor peligro y la zona D la de mayor peligro.

P_1=0.08, para la zona A;
P_2=0.14, para la zona B;

---

[154] Véase el trabajo de Manuel J. Mendoza L. y Leobardo Domínguez M. Integración de información para la estimación del peligro Sísmico, en Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos (2004) CENAPRED pp. 61-98.
[155] Manual de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad, capítulo Diseño por Sismo, 1993.

P_3=0.36, para la zona C;
P_4=0.80, para la zona D;

Realizar mapa de peligro por sismo para el municipio de Colima. Y finalmente consultar los mapas de CENAPRED (Regionalización de Peligro Sísmico de periodos de retorno para aceleraciones máximas del terreno mayor a 0.15g) Con los datos obtenidos interpolar para el municipio de Colima.

5.2.5.2 Memoria de Cálculo

Los datos para encontrar los periodos de retorno para una aceleración máxima mayor a 0.15g, con los cuales se pueda realizar la interpolación para el municipio de Colima se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 5.6.- Periodo de retorno (años) para aceleración máxima mayor a 0.15g.

CLAVE DE MUNICIPIO	PERIODO DE RETORNO (AÑOS) PARA ACELERACIÓN MÁXIMA MAYOR A 0.15g
06005	95
06010	83
06002	77
06004	61
06009	27
06006	45

5.2.5.3 Resultados del análisis

El peligro Sísmico para el municipio de Colima, es 0.8, que pertenece a la zona D, que es la de mayor peligro sísmico (Figura 5.15).

En el municipio de Colima el periodo de retorno para una aceleración máxima mayor a 0.15g, es de 77 años para todas las localidades.

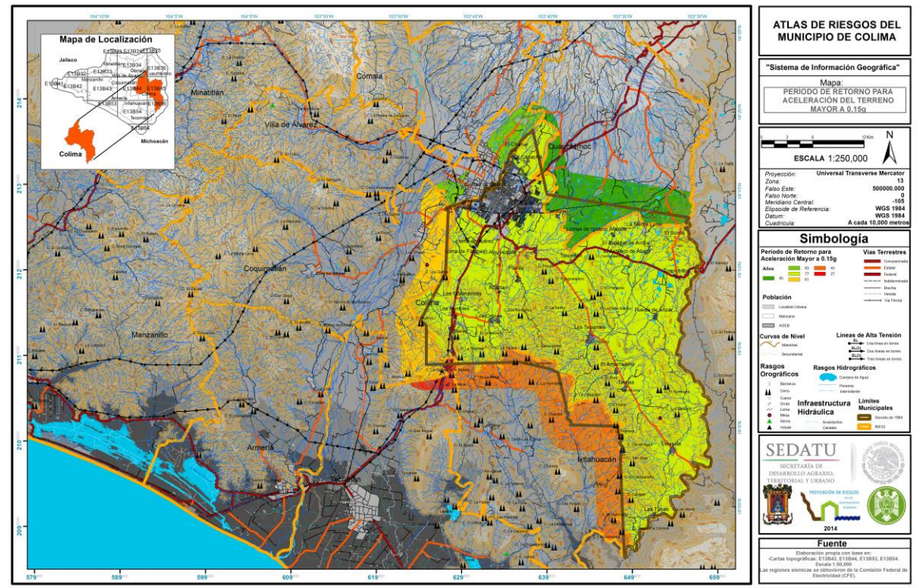


Figura 5.15.- Periodos de retorno para una aceleración máxima del terreno mayor a 0.15g.

5.2.6 Vulnerabilidad

5.2.6.1 Metodología

La metodología empleada es la Evaluación de la vulnerabilidad de la vivienda ante sismo y viento[156]

Paso 1. Clasificación de vivienda de acuerdo con la tipología usada por INEGI. Se realizó un levantamiento de la tipología de vivienda en campo utilizando la tipología de la Tabla 5.7, los resultados se presentaran a nivel manzana.

Tabla 5.7.- Clasificación de la vivienda según características usadas por el INEGI.

Tipo	Características de la vivienda
1	Muros de mampostería con techos rígidos.
2	Muros de mampostería con techos flexibles.
3	Muros de adobe con techo rígidos.

[156] (Flores *et. al.)*.

Tipo	Características de la vivienda
4	Muros de adobe con techos flexibles.
5	Muros de materiales débiles con techos flexibles.

Paso 2. Cálculo del Índice de riesgo.

El índice de riesgo tiene dos componentes, el primero relacionado con la parte física y el segundo con la parte social. Para tener en cuenta la vulnerabilidad física de la vivienda se propone un índice que integra las características físicas de la vivienda que la hacen susceptible al daño y el nivel de peligro asociado al sismo.

El índice de riesgo se calcula con la siguiente fórmula:

$$I_{vf} = \frac{V_i P_I}{V_P P_M}$$

Donde
I_{vf} representa el índice que mide la vulnerabilidad física de la vivienda;
V_i representa la calificación según el tipo de vivienda de acuerdo con el tipo en la Tabla 5.8;
V_p vivienda con el peor desempeño en relación a su vulnerabilidad (ver Tabla 5.8);
P_i nivel de peligro por sismo en la zona en estudio, más adelante se discute qué valores toma;
P_M nivel de peligro máximo por sismo

Mientras que P_M toma el valor de 0.8. El valor de peligro por sismo para el municipio de Colima es P_i=0.80.

Paso 3.- Estimación de la parte del índice que tiene en cuenta la vulnerabilidad social.

La experiencia en la evaluación de los desastres en México ha mostrado que las zonas socialmente más desprotegidas, también resultan ser las más afectadas por la acción de los fenómenos naturales o bien antropogénicos. En el caso de sismo se ha estimado que el aspecto socioeconómico (factor social) tiene influencia en al menos un 20%. La influencia del factor social se considera como un indicador de la calidad de los materiales de construcción. Para tener en cuenta el factor social se hace uso del grado de vulnerabilidad social ante desastres.

Tabla 5.8.- Valores del grado de vulnerabilidad social ante desastres

Valor de I_M	Grado de vulnerabilidad social ante desastres
1	Muy Bajo
2	Bajo
3	Medio
4	Alto
5	Muy Alto

El grado de vulnerabilidad social en el municipio de Colima es Muy Bajo, mientras que en algunas localidades del mismo el nivel es de Bajo.

5.2.6.2 Memoria de cálculo

Se evaluaron todas las viviendas de las 28 localidades del municipio de Colima, no fueron evaluados los edificios públicos (EP) (escuelas, hospitales, edificios gubernamentales, equipamientos y manzanas PPU (Programa parcial de urbanización) estos no tendrán un valor de V_i ya que no aplicará para la evaluación. El valor de P_i y P_M es 0.8 para todas las localidades.

En Acatitán fueron evaluadas 15 manzanas, el tipo de vivienda de esta localidad es en su mayoría son construidas con muros de materiales débiles con techos flexibles y algunas casas son de materiales rígidos en sus muros y techos. En esta localidad 6.7% de manzanas son edificios públicos, 93.3% son viviendas de mala calidad con V_i = 3.5. El índice de riesgo físico para esta localidad es de 0.88.

Tabla 5.9.- Memoria de cálculo para peligro sísmico de Acatitán

Localidad	Manzana	V_i	V_p	P_i	P_M	$I_{VF} = \frac{V_i P_i}{V_P P_M}$
Acatitán	0	-	3.50	0.80	0.80	-
Acatitán	1	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Acatitán	2	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Acatitán	3	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Acatitán	4	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Acatitán	5	3.50	3.50	0.80	0.80	1.0
Acati án	6	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Acatitán	7	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Acatitán	8	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Acatitán	9	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Acatitán	10	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
A atitán	11	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Acatitán	36	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Acatitán	37	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Acatitán	38	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00

En Cardona fueron evaluadas 18 manzanas, el tipo de vivienda de esta localidad es en su mayoría son construidas con muros de materiales débiles con techos flexibles y algunas casas son de materiales rígidos en sus muros y techos. En esta localidad 11.1% de manzanas son edificios públicos, 11.1% son manzanas con viviendas de buena calidad con un V_i =1, 77.8% son viviendas de mala calidad con V_i = 3.5. El índice de riesgo físico para esta localidad es de 0.24 y 0.84.

Tabla 5.10.- Memoria de cálculo para peligro sísmico de Cardona

Localidad	Manzana	V_i	V_p	P_i	P_M	$I_{VF} = \frac{V_i P_i}{V_P P_M}$
Cardona	1	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Cardona	2	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Cardona	3	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Cardona	4	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Cardona	5	1.00	3.50	0.80	0.80	0.29
Cardona	6	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Cardona	7	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Cardona	8	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Cardona	9	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Cardona	10	-	3.50	0.80	0.80	-
Cardona	11	1.00	3.50	0.80	0.80	0.29
Cardona	12	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Cardona	13	-	3.50	0.80	0.80	-
Cardona	14	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Cardona	15	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Cardona	16	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Cardona	17	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Cardona	18	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00

En Trapichillos fueron evaluadas 13 manzanas, el tipo de vivienda de esta localidad es en su mayoría son construidas con muros de materiales débiles con techos flexibles y algunas casas son de materiales rígidos en sus muros y techos. En esta localidad 30.7% de manzanas son edificios públicos, 69.3% son viviendas de mala calidad con V_i = 3.5. El índice de riesgo físico para esta localidad es de 0.88.

Tabla 5.11.- Memoria de cálculo para peligro sísmico de Trapichillos

Localidad	Manzana	V_i	V_p	P_i	P_M	$I_{VF} = \frac{V_i P_i}{V_P P_M}$
Trapichillos	2	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Trapichillos	3	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Trapichillos	4	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Trapichillos	5	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Trapichillos	6	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Trapichillos	7	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Trapichillos	8	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Trapichillos	9	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Trapichillos	10	-	3.50	0.80	0.80	-
Trapichillos	11	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Trapichillos	12	-	3.50	0.80	0.80	-
Trapichillos	13	-	3.50	0.80	0.80	-
Trapichillos	14	-	3.50	0.80	0.80	-

En El Alpuyequito fueron evaluadas 8 manzanas, el tipo de vivienda de esta localidad es en su mayoría son construidas con muros de materiales débiles con techos flexibles y algunas casas son de materiales rígidos en sus muros y techos. En esta localidad 12.5% de manzanas son edificios públicos, 25% son manzanas con viviendas de buena calidad con un V_i=1, 62.5% son viviendas de mala calidad con V_i = 3.5. El índice de riesgo físico para esta localidad es de 0.25 y 0.88.

Tabla 5.12.- Memoria de cálculo para peligro sísmico de El Alpuyequito

Localidad	Manzana	V_i	V_p	P_i	P_M	$I_{VF} = \frac{V_i P_i}{V_P P_M}$
El Alpuyequito	1	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Alpuyequito	2	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Alpuyequito	3	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Alpuyequito	4	-	3.50	0.80	0.80	-
El Alpuyequito	5	1.00	3.50	0.80	0.80	0.29
El Alpuyequito	6	1.00	3.50	0.80	0.80	0.29
El Alpuyequito	7	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Alpuyequito	8	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00

En El Amarradero fueron evaluadas 27 manzanas, el tipo de vivienda de esta localidad es en su mayoría son construidas con muros de materiales débiles con techos flexibles y algunas casas son de materiales rígidos en sus muros y techos. En esta localidad 7.4% de manzanas son edificios públicos, 3.8% son manzanas con viviendas de buena calidad con un V_i=1, 88.8% son viviendas de mala calidad con V_i = 3.5. El índice de riesgo físico para esta localidad es de 0.25 y 0.88.

Tabla 5.13.- Memoria de cálculo para peligro sísmico de El Amarradero.

Localidad	Manzana	V_i	V_p	P_i	P_M	$I_{VF} = \frac{V_i P_i}{V_P P_M}$
El Amarradero	1	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Amarradero	2	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Amarradero	3	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Amarradero	4	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Amarradero	5	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Amarradero	6	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Amarradero	7	1.00	3.50	0.80	0.80	0.29
El Amarradero	8	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Amarradero	9	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Amarradero	10	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Amarradero	11	-	3.50	0.80	0.80	-
El Amarradero	12	1.00	3.50	0.80	0.80	0.29
El Amarradero	13	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00

Localidad	Manzana	V_i	V_p	P_i	P_M	$I_{VF} = \frac{V_i P_i}{V_P P_M}$
El Amarradero	14	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Amarradero	15	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Amarradero	16	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Amarradero	17	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Amarradero	18	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Amarradero	19	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Amarradero	20	-	3.50	0.80	0.80	-
El Amarradero	21	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Amarradero	22	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Amarradero	23	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Amarradero	25	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Amarradero	26	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Amarradero	28	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00

En El Astillero de Abajo fueron evaluadas 12 manzanas, el tipo de vivienda de esta localidad es en su mayoría son construidas con muros de materiales débiles con techos flexibles y algunas casas son de materiales rígidos en sus muros y techos. En esta localidad 16.7% de manzanas son edificios públicos, y 83.3% son viviendas de mala calidad con V_i = 3.5. El índice de riesgo físico para esta localidad es de 0.88.

Tabla 5.14.- Memoria de cálculo para peligro sísmico de El Astillero de Abajo.

Localidad	Manzana	V_i	V_p	P_i	P_M	$I_{VF} = \frac{V_i P_i}{V_P P_M}$
El Astillero de Abajo	1	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Astillero de Abajo	2	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Astillero de Abajo	3	-	3.50	0.80	0.80	-
El Astillero de Abajo	4	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Astillero de Abajo	5	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Astillero de Abajo	6	-	3.50	0.80	0.80	-

Localidad	Manzana	V_i	V_p	P_i	P_M	$I_{VF} = \frac{V_i P_i}{V_P P_M}$
El Astillero de Abajo	7	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Astillero de Abajo	8	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Astillero de Abajo	9	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Astillero de Abajo	10	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Astillero de Abajo	11	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Astillero de Abajo	12	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00

En El Astillero de Arriba fueron evaluadas 14 manzanas, el tipo de vivienda de esta localidad es en su mayoría son construidas con muros de materiales débiles con techos flexibles y algunas casas son de materiales rígidos en sus muros y techos. En esta localidad 21.42% de manzanas son edificios públicos, 7.14% son manzanas con viviendas de buena calidad con un V_i = 1, 71.44% son viviendas de mala calidad con V_i = 3.5. El índice de riesgo físico para esta localidad es de 0.25 y 0.88.

Tabla 5.15.- Memoria de cálculo para peligro sísmico de El Astillero de Arriba.

Localidad	Manzana	V_i	V_p	P_i	P_M	$I_{VF} = \frac{V_i P_i}{V_P P_M}$
El Astillero de Arriba	1	-	3.50	0.80	0.80	-
El Astillero de Arriba	2	1.00	3.50	0.80	0.80	0.29
El Astillero de Arriba	3	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Astillero de Arriba	4	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Astillero de Arriba	5	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Astillero de Arriba	6	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Astillero de Arriba	7	-	3.50	0.80	0.80	-
El Astillero de Arriba	8	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Astillero de Arriba	9	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Astillero de Arriba	10	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Astillero de Arriba	11	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Astillero de Arriba	12	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Astillero de Arriba	13	-	3.50	0.80	0.80	-
El Astillero de Arriba	14	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00

En El Chanal fueron evaluadas 23 manzanas, el tipo de vivienda de esta localidad es en su mayoría son construidas con muros de materiales débiles con techos flexibles y algunas casas son de materiales rígidos en sus muros y techos. En esta localidad 7.67% de manzanas son edificios públicos, 4.35% son manzanas con viviendas de buena calidad con un V_i = 1, 87.98% son viviendas de mala calidad con V_i = 3.5. El índice de riesgo físico para esta localidad es de 0.25 y 0.88.

Tabla 5.16.- Memoria de cálculo para peligro sísmico de El Chanal.

Localidad	Manzana	V_i	V_p	P_i	P_M	$I_{VF} = \frac{V_i P_i}{V_P P_M}$
El Chanal	1	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Chanal	2	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Chanal	3	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Chanal	4	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Chanal	5	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Chanal	6	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Chanal	7	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Chanal	8	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Chanal	9	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Chanal	10	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Chanal	11	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Chanal	12	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Chanal	13	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Chanal	14	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Chanal	15	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Chanal	16	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Chanal	17	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Chanal	18	-	3.50	0.80	0.80	-
El Chanal	19	-	3.50	0.80	0.80	-
El Chanal	20	-	3.50	0.80	0.80	-
El Chanal	21	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Chanal	22	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Chanal	23	1.00	3.50	0.80	0.80	0.29

En Estapilla fueron evaluadas 50 manzanas, el tipo de vivienda de esta localidad es en su mayoría son construidas con muros de materiales débiles con techos flexibles y algunas casas son de materiales rígidos en sus muros y techos. En esta localidad 20% de manzanas son edificios públicos, 6% son manzanas con viviendas de buena calidad con un V_i = 1, 34% son viviendas de mala calidad con V_i = 3.5. El índice de riesgo físico para esta localidad es de 0.25 y 0.88.

Tabla 5.17.- Memoria de cálculo para peligro sísmico de Estapilla.

Localidad	Manzana	V_i	V_p	P_i	P_M	$I_{VF} = \frac{V_i P_i}{V_P P_M}$
Estapilla	2	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Estapilla	3	-	3.50	0.80	0.80	-
Estapilla	4	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Estapilla	5	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Estapilla	6	-	3.50	0.80	0.80	-
Estapilla	7	-	3.50	0.80	0.80	-
Estapilla	8	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Estapilla	9	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Estapilla	10	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Estapilla	11	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Estapilla	12	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Estapilla	13	-	3.50	0.80	0.80	-
Estapilla	14	-	3.50	0.80	0.80	-
Estapilla	15	-	3.50	0.80	0.80	-
Estapilla	16	-	3.50	0.80	0.80	-
Estapilla	17	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Estapilla	18	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Estapilla	19	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Estapilla	20	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Estapilla	21	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Estapilla	22	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Estapilla	46	-	3.50	0.80	0.80	-
Estapilla	47	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Estapilla	48	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Estapilla	49	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Estapilla	50	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00

Localidad	Manzana	V_i	V_p	P_i	P_M	$I_{VF} = \frac{V_i P_i}{V_P P_M}$
Estapilla	23	3.5	3.5	0.8	0.8	1
Estapilla	24	3.5	3.5	0.8	0.8	1
Estapilla	25	3.5	3.5	0.8	0.8	1
Estapilla	25	3.5	3.5	0.8	0.8	1
Estapilla	26	3.5	3.5	0.8	0.8	1
Estapilla	27	3.5	3.5	0.8	0.8	1
Estapilla	28	-	3.5	0.8	0.8	-
Estapilla	29	3.5	3.5	0.8	0.8	1
Estapilla	30	1	3.5	0.8	0.8	0.29
Estapilla	31	3.5	3.5	0.8	0.8	1
Estapilla	32	3.5	3.5	0.8	0.8	1
Estapilla	33	3.5	3.5	0.8	0.8	1
Estapilla	34	3.5	3.5	0.8	0.8	1
Estapilla	35	1	3.5	0.8	0.8	0.29
Estapilla	36	1	3.5	0.8	0.8	0.29
Estapilla	37	3.5	3.5	0.8	0.8	1
Estapilla	38	3.5	3.5	0.8	0.8	1
Estapilla	39	3.5	3.5	0.8	0.8	1
Estapilla	40	3.5	3.5	0.8	0.8	1
Estapilla	41	3.5	3.5	0.8	0.8	1
Estapilla	42	3.5	3.5	0.8	0.8	1
Estapilla	43	3.5	3.5	0.8	0.8	1
Estapilla	44	3.5	3.5	0.8	0.8	1
Estapilla	45	-	3.5	0.8	0.8	-

En La Capacha fueron evaluadas 5 manzanas, el tipo de vivienda de esta localidad es en su mayoría son construidas con muros de materiales débiles con techos flexibles y algunas casas son de materiales rígidos en sus muros y techos. En esta localidad no hay edificios públicos, 40% son manzanas con viviendas buena calidad con un V_i =1, 60% son viviendas de mala calidad con V_i = 3.5. El índice de riesgo físico para esta localidad es de 0.25 y 0.88.

Tabla 5.18.- Memoria de cálculo para peligro sísmico de La Capacha.

Localidad	Manzana	V_i	V_p	P_i	P_M	$I_{VF} = \frac{V_i P_i}{V_P P_M}$
La Capacha	1	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
La Capacha	2	1.00	3.50	0.80	0.80	0.29
La Capacha	3	1.00	3.50	0.80	0.80	0.29
La Capacha	4	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
La Capacha	5	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00

En Las Golondrinas fueron evaluadas 7 manzanas, el tipo de vivienda de esta localidad es en su mayoría son construidas con muros de materiales débiles con techos flexibles y algunas casas son de materiales rígidos en sus muros y techos. En esta localidad 42.85% de manzanas son edificios públicos, 0% son manzanas con viviendas de buena calidad con un V_i = 1, 57.15% son viviendas de mala calidad con V_i = 3.5. El índice de vulnerabilidad social es Bajo con I_M=2. El índice de riesgo físico para esta localidad es de 0.88.

Tabla 5.19.- Memoria de cálculo para peligro sísmico de Las Golondrinas.

Localidad	Manzana	V_i	V_p	P_i	P_M	$I_{VF} = \frac{V_i P_i}{V_P P_M}$
Las Golondrinas	3	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Las Golondrinas	4	-	3.50	0.80	0.80	-
Las Golondrinas	5	-	3.50	0.80	0.80	-
Las Golondrinas	6	-	3.50	0.80	0.80	-
Las Golondrinas	7	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Las Golondrinas	8	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Las Golondrinas	9	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00

En El Bordo fueron evaluadas 6 manzanas, el tipo de vivienda de esta localidad es en su mayoría son construidas con muros de materiales débiles con techos flexibles y algunas casas son de materiales rígidos en sus muros y techos. En esta localidad 16.66% de manzanas son edificios públicos, 16.66% son manzanas con viviendas de buena calidad con un V_i = 1, 66.68% son viviendas de mala calidad con V_i = 3.5. El índice de riesgo físico para esta localidad es de 0.25 y 0.88.

Tabla 5.20.- Memoria de cálculo para peligro sísmico de El Bordo.

Localidad	Manzana	V_i	V_p	P_i	P_M	$I_{VF} = \frac{V_i P_i}{V_P P_M}$
El Bordo	1	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Bordo	2	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Bordo	3	-	3.50	0.80	0.80	-

Localidad	Manzana	V_i	V_p	P_i	P_M	$I_{VF} = \frac{V_i P_i}{V_P P_M}$
El Bordo	4	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
El Bordo	5	1.00	3.50	0.80	0.80	0.29
El Bordo	6	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00

En Las Guásimas fueron evaluadas 6 manzanas, el tipo de vivienda de esta localidad es en su mayoría son construidas con muros de materiales débiles con techos flexibles y algunas casas son de materiales rígidos en sus muros y techos. En esta localidad 50% de manzanas son edificios públicos, y 50% son viviendas de mala calidad con V_i = 3.5. El índice de riesgo físico para esta localidad es de 0.88.

Tabla 5.21.- Memoria de cálculo para peligro sísmico de Las Guásimas.

Localidad	Manzana	V_i	V_p	P_i	P_M	$I_{VF} = \frac{V_i P_i}{V_P P_M}$
Las Guásimas	18	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Las Guásimas	19	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Las Guásimas	20	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Las Guásimas	21	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Las Guásimas	22	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Las Guásimas	23	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Las Guásimas	24	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Las Guásimas	25	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Las Guásimas	26	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Las Guásimas	27	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00

Localidad	Manzana	V_i	V_p	P_i	P_M	$I_{VF} = \frac{V_i P_i}{V_P P_M}$
Las Guásimas	28	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Las Guásimas	29	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Las Guásimas	30	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Las Guásimas	31	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Las Guásimas	32	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Las Guásimas	33	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Las Guásimas	33	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Las Guásimas	34	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Las Guásimas	35	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00

En Las Tunas fueron evaluadas 15 manzanas, el tipo de vivienda de esta localidad es en su mayoría son construidas con muros de materiales débiles con techos flexibles y algunas casas son de materiales rígidos en sus muros y techos. En esta localidad no hay edificios públicos, 6.6% son manzanas con viviendas de buena calidad con un V_i = 1, 93.3% son viviendas de mala calidad con V_i = 3.5. El índice de riesgo físico para esta localidad es de 0.88.

Tabla 5.22.- Memoria de cálculo para peligro sísmico de Las Tunas.

Localidad	Manzana	V_i	V_p	P_i	P_M	$I_{VF} = \frac{V_i P_i}{V_P P_M}$
Las Tunas	2	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Las Tunas	3	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Las Tunas	4	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Las Tunas	5	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Las Tunas	6	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Las Tunas	7	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Las Tunas	8	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Las Tunas	9	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Las Tunas	10	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Las Tunas	11	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00

Localidad	Manzana	V_i	V_p	P_i	P_M	$I_{VF} = \frac{V_i P_i}{V_P P_M}$
Las Tunas	12	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Las Tunas	13	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Las Tunas	14	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Las Tunas	15	3.50	3.50	0.80	0.80	1.00
Las Tunas	16	1.00	3.50	0.80	0.80	0.29

5.2.6.3 Análisis de Resultados

En la localidad de Acatitán la vulnerabilidad física es Alta, mientras que la vulnerabilidad social es Baja, y el tipo de vivienda es de muy mala calidad. Integrando estos tres factores se tiene que en la localidad de Acatitán el nivel de vulnerabilidad física es Muy Alto (Figura 5.16).

En la localidad de Cardona vulnerabilidad física es Alta, mientras que la vulnerabilidad social es Baja, y el tipo de vivienda es de muy mala calidad y algunas viviendas son de buena calidad por lo que tienen un V_i Bajo. Integrando estos tres factores se tiene que en la localidad de Cardona el nivel vulnerabilidad física es Muy Alto (Figura 5.17).

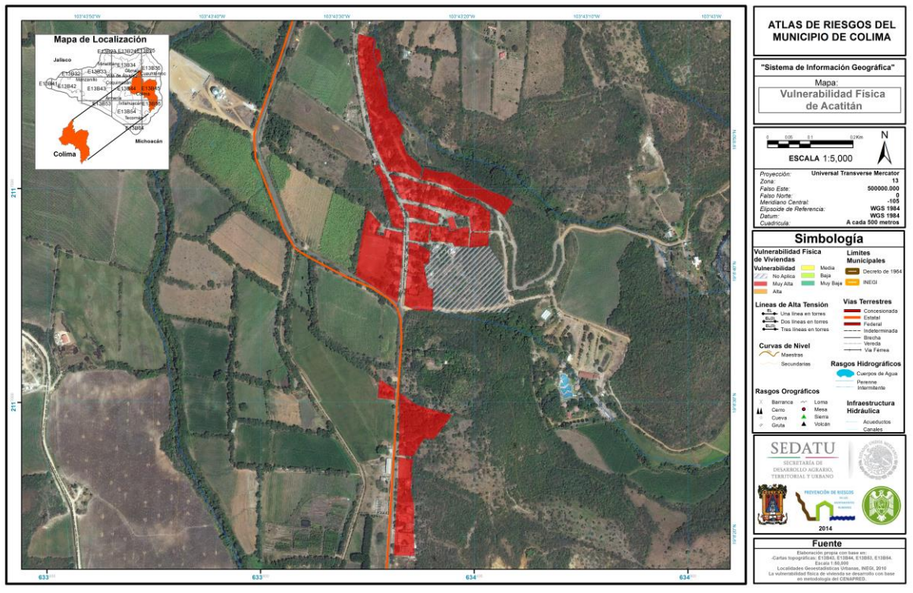


Figura 5.16.- Nivel de vulnerabilidad física de la localidad de Acatitán.

Figura 5.17.- Nivel de vulnerabilidad física para la localidad de Cardona.

En la localidad de Trapichillos la vulnerabilidad física es Alta, mientras que la vulnerabilidad social es Baja, y el tipo de vivienda es de muy mala calidad y algunas viviendas son de buena calidad por lo que tienen un V_i Bajo. Integrando estos tres factores se tiene que en la localidad de Trapichillos el nivel vulnerabilidad física es Muy Alto (Figura 5.18).

En la localidad de El Alpuyequito la vulnerabilidad física es Alta, la vulnerabilidad social es Baja, y el tipo de vivienda es de muy mala calidad y algunas viviendas son de buena calidad por lo que tienen un V_i Bajo. Integrando estos tres factores se tiene que en la localidad de El Alpuyequito el nivel de vulnerabilidad física es Muy Alto (Figura 5.19).

Figura 5.18.- Nivel de vulnerabilidad física para la localidad de Trapichillos.

Figura 5.19.- Nivel de vulnerabilidad física para la localidad de El Alpuyequito.

En la localidad de El Amarradero vulnerabilidad física es Alta, la vulnerabilidad social es Baja, y el tipo de vivienda es de muy mala calidad y algunas viviendas son de buena calidad por lo que tienen un V_i Bajo. Integrando estos tres factores se tiene que en la localidad de El Amarradero el nivel de vulnerabilidad física es Muy Alto (Figura 5.20).

En la localidad de El Astillero de Abajo la vulnerabilidad física es Alta, la vulnerabilidad social es Baja, y el tipo de vivienda es de muy mala calidad y algunas viviendas son de buena calidad por lo que tienen un V_i Bajo. Integrando estos tres factores se tiene que en la localidad de El Astillero de Abajo el nivel de vulnerabilidad física es Muy Alto (Figura 5.21).

Figura 5.20.- Nivel de vulnerabilidad física para la localidad de El Amarradero.

Figura 5.21.- Nivel de vulnerabilidad física para la localidad de El Astillero de Abajo.

En la localidad de El Astillero de Arriba la vulnerabilidad física es Alta, la vulnerabilidad social es Baja, y el tipo de vivienda es de muy mala calidad y algunas viviendas son de buena calidad por lo que tienen un V_i Bajo. Integrando estos tres factores se tiene que en la localidad de El Astillero de Arriba el nivel de vulnerabilidad física es Muy Alto (Figura 5.22).

En la localidad de El Bordo la vulnerabilidad física es Alta, la vulnerabilidad social es Baja, y el tipo de vivienda es de muy mala calidad y algunas viviendas son de buena calidad por lo que tienen un V_i Bajo. Integrando estos tres factores se tiene que en la localidad de El Bordo el nivel de vulnerabilidad física es Muy Alto (Figura 5.23).

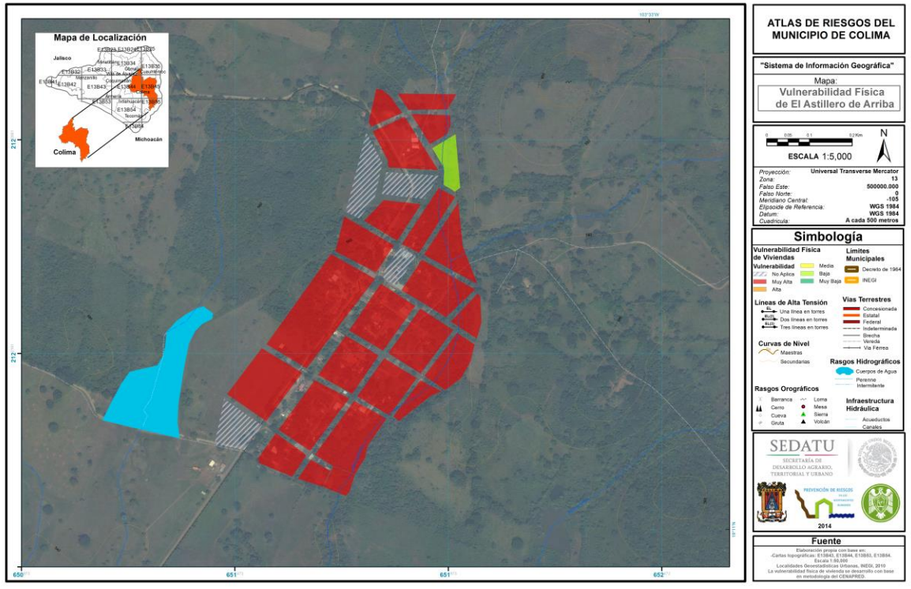


Figura 5.22.- Nivel de vulnerabilidad física para la localidad de El Astillero de Arriba.

Figura 5.23.- Nivel de vulnerabilidad física para la localidad de El Bordo.

En la localidad de El Chanal la vulnerabilidad física es Alta, la vulnerabilidad social es Baja, y el tipo de vivienda es de muy mala calidad y algunas viviendas son de buena calidad por lo que tienen un V_i Bajo. Integrando estos tres factores se tiene que en la localidad de El Chanal el nivel de vulnerabilidad física es Muy Alto (Figura 5.24).

En la localidad de Estapilla la vulnerabilidad física es Alta, la vulnerabilidad social es Baja, y el tipo de vivienda es de muy mala calidad y algunas viviendas son de buena calidad por lo que tienen un V_i Bajo. Integrando estos tres factores se tiene que en la localidad de Estapilla el nivel de vulnerabilidad física es Muy Alto (Figura 5.25).

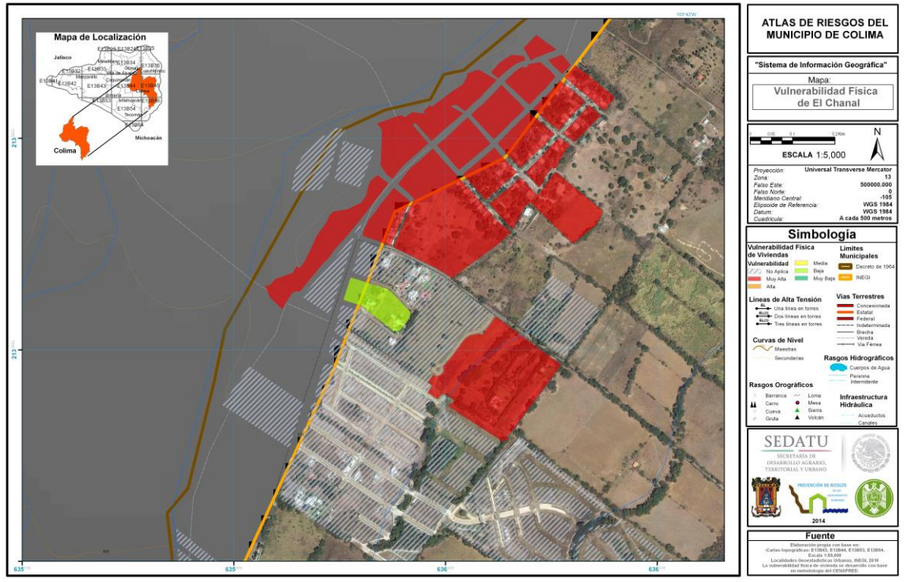


Figura 5.24.- Nivel de vulnerabilidad física para la localidad de El Chanal.

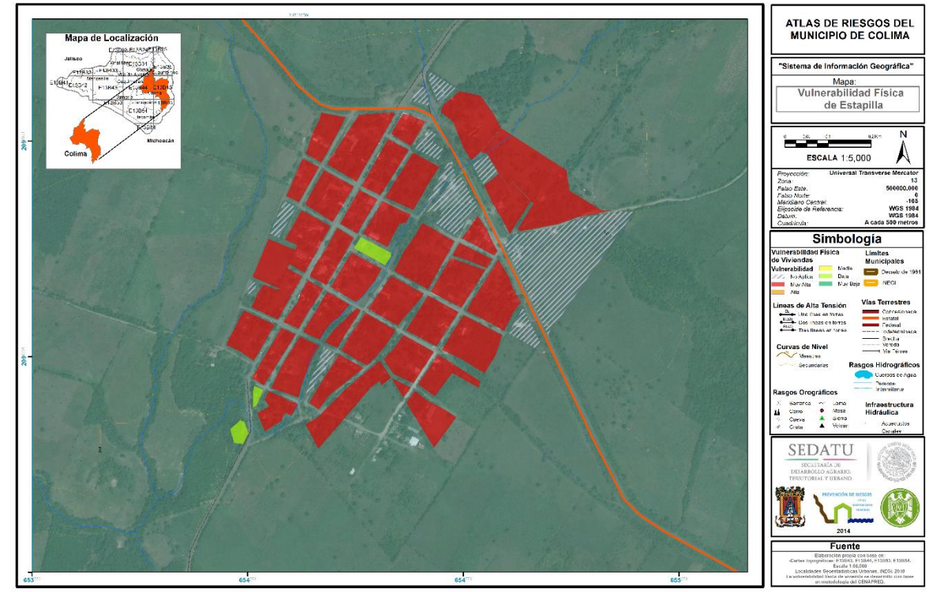


Figura 5.25.- Nivel de vulnerabilidad física para la localidad de Estapilla.

En la localidad de La Capacha la vulnerabilidad física es Alta, la vulnerabilidad social es Baja, y el tipo de vivienda es de muy mala calidad y algunas viviendas son de buena calidad por lo que tienen un V_i Bajo. Integrando estos tres factores se tiene que en la localidad de La Capacha el nivel de vulnerabilidad física es Muy Alto (Figura 5.26).

En la localidad de Las Golondrinas la vulnerabilidad física es Alta, la vulnerabilidad social es Baja, y el tipo de vivienda es de muy mala calidad y algunas viviendas son de buena calidad por lo que tienen un V_i Bajo. Integrando estos tres factores se tiene que en la localidad de Las Golondrinas el nivel de vulnerabilidad física es Muy Alto (Figura 5.27).

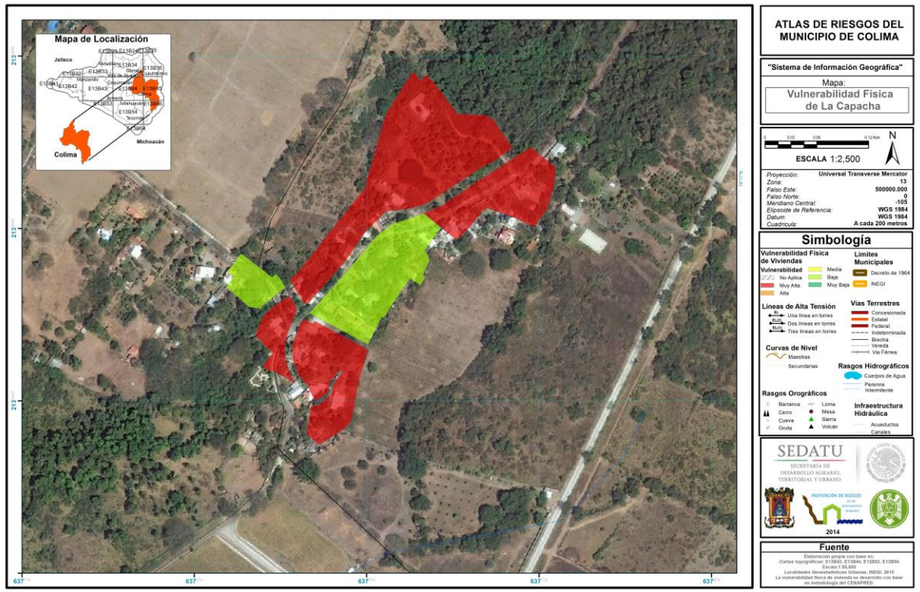


Figura 5.26.- Nivel de vulnerabilidad física para la localidad de La Capacha.

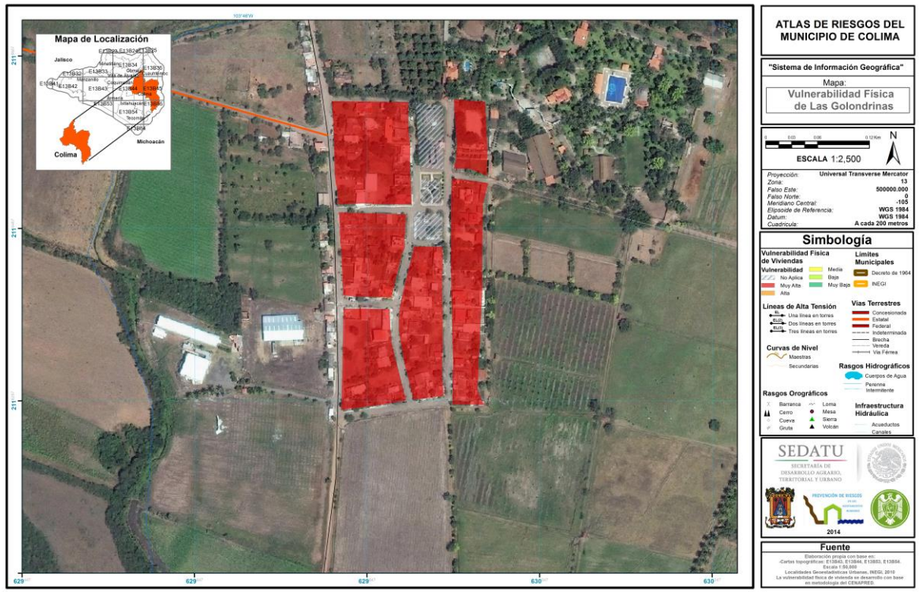


Figura 5.27.- Nivel de vulnerabilidad física para la localidad de Las Golondrinas.

En la localidad de Las Guásimas la vulnerabilidad física es Alta, la vulnerabilidad social es Baja, y el tipo de vivienda es de muy mala calidad y algunas viviendas son de buena calidad por lo que tienen un V_i Bajo. Integrando estos tres factores se tiene que en la localidad de Las Guásimas el nivel de vulnerabilidad física es Muy Ato (Figura 5.28).

En la localidad de Las tunas la vulnerabilidad física es Alta, la vulnerabilidad social es Baja, y el tipo de vivienda es de muy mala calidad y algunas viviendas son de buena calidad por lo que tienen un V_i Bajo. Integrando estos tres factores se tiene que en la localidad de Las Tunas el nivel de vulnerabilidad física es Muy Alto (Figura 5.29).

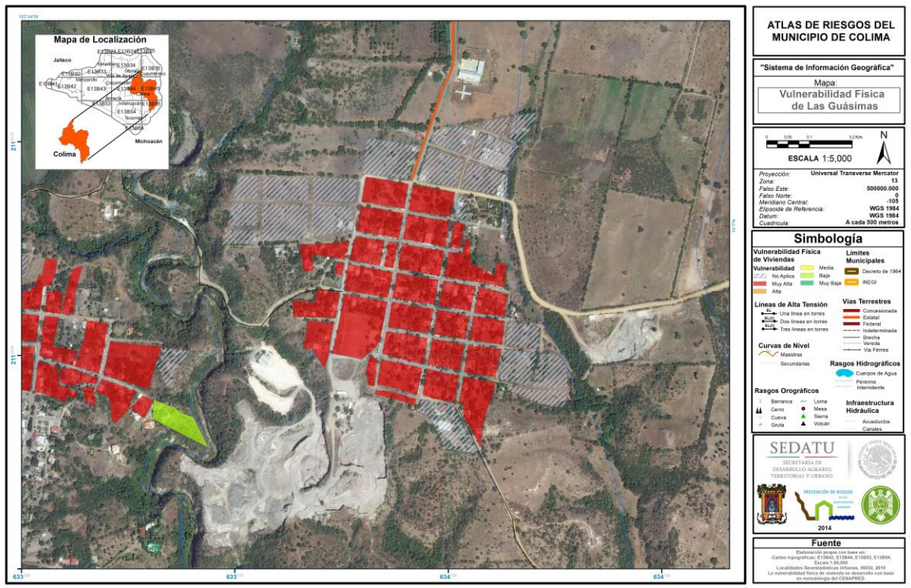


Figura 5.28.- Nivel de vulnerabilidad física para la localidad de Las Guásimas.

Figura 5.29.- Nivel de vulnerabilidad física para la localidad de Las Tunas.

5.2.7 Riesgo Sísmico

Como se ha señalado anteriormente, el riesgo sísmico es producto de tres factores: Los bienes expuestos (C), la vulnerabilidad (V) y el peligro (P), que es la probabilidad de que ocurra un fenómeno potencialmente dañino. Así, para el objetivo del presente documento, el riesgo sísmico es expresado de manera simple como la interacción de las tres variables mencionadas, R = C V P. Lo anterior implica que si alguna de esas variables es nula, no se tiene riesgo. De tal modo, en una región donde el fenómeno sísmico esté ausente, no existirá riesgo sísmico. Sin embargo, esa situación no se da en la gran mayoría de los casos a nivel mundial, ya que difícilmente se encontrará una región para la que se pueda afirmar de manera definitiva que nunca ha ocurrido ni ocurrirá un sismo, de cualquier tamaño. Lo que sí es factible es que el valor de una de esas tres variables disminuya, para que suceda lo mismo con el riesgo resultante.

5.2.7.1 Metodología

Evaluación del índice de riesgo, I_{RF} para una vivienda.

La evaluación del índice de riesgo, I_{RF} para una vivienda se calcula con la siguiente formula

$$I_{RF} = I_{VF}\left(0.8 + \frac{I_M}{25}\right)$$

El criterio para estimar el índice de riesgo se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 5.23.- Niveles de riesgo.

Valor de I_{RF}, I_A, I_M	Nivel de riesgo
$0.0 \leq I_{RF}$, I_A , $I_{Mun} < 0.2$	Muy Bajo
$0.2 \leq I_{RF}$, I_A , $I_{Mun} < 0.4$	Bajo
$0.4 \leq I_{RF}$, I_A , $I_{Mun} < 0.5$	Medio
$0.6 \leq I_{RF}$, I_A , $I_{Mun} < 0.8$	Alto
$0.8 \leq I_{RF}$, I_A , $I_{Mun} \leq 1.0$	Muy Alto

5.2.7.2 Memoria de cálculo

Se evaluaron todas las viviendas de las 28 localidades del municipio de Colima, no fueron evaluados los edificios públicos (EP) (escuelas, hospitales, edificios gubernamentales, equipamientos y manzanas PPU (Programa parcial de urbanización) estos no tendrán un valor de V_i ya que no aplicará para la evaluación. El valor de P_i y P_M es 0.8 para todas las localidades.

En Acatitán fueron evaluadas 15 manzanas, el índice de vulnerabilidad social es Bajo con $I_M = 2$. El índice de riesgo físico para esta localidad es de 0.88.

Tabla 5.24.- Memoria de cálculo para riesgo sísmico de Acatitán.

Localidad	Manzana	I_{VF}	I_M	$\left(0.8+\frac{I_M}{25}\right)$	$I_{RF} = I_{VF}\left(0.8+\frac{I_M}{25}\right)$
Acatitán	0	-	2	0.88	-
Acatitán	1	1.00	2	0.88	0.88
Acatitán	2	1.00	2	0.88	0.88
Acatitán	3	1.00	2	0.88	0.88
Acatitán	4	1.00	2	0.88	0.88
Acatitán	5	1.00	2	0.88	0.88
Acatitán	6	1.00	2	0.88	0.88
Acatitán	7	1.00	2	0.88	0.88

Localidad	Manzana	I_{VF}	I_M	$\left(0.8+\frac{I_M}{25}\right)$	$I_{RF} = I_{VF}\left(0.8+\frac{I_M}{25}\right)$
Acatitán	8	1.00	2	0.88	0.88
Acatitán	9	1.00	2	0.88	0.88
Acatitán	10	1.00	2	0.88	0.88
Acatitán	11	1.00	2	0.88	0.88
Acatitán	36	1.00	2	0.88	0.88
Acatitán	37	1.00	2	0.88	0.88
Acatitán	38	1.00	2	0.88	0.88

En Cardona fueron evaluadas 18 manzanas, el tipo de vivienda de esta localidad es en su mayoría son construidas con muros de materiales débiles con techos flexibles y algunas casas son de materiales rígidos en sus muros y techos. En esta localidad el índice de vulnerabilidad social es Bajo con I_M=1. El índice de riesgo físico para esta localidad es de 0.24 y 0.84.

Tabla 5.25.- Memoria de cálculo para riesgo sísmico de Cardona.

Localidad	Manzana	I_{VF}	I_M	$\left(0.8+\frac{I_M}{25}\right)$	$I_{RF}=I_{VF}\left(0.8+\frac{I_M}{25}\right)$
Cardona	1	1.00	1	0.84	0.84
Cardona	2	1.00	1	0.84	0.84
Cardona	3	1.00	1	0.84	0.84
Cardona	4	1.00	1	0.84	0.84
Cardona	5	0.29	1	0.84	0.24
Cardona	6	1.00	1	0.84	0.84
Cardona	7	1.00	1	0.84	0.84
Cardona	8	1.00	1	0.84	0.84
Cardona	9	1.00	1	0.84	0.84
Cardona	10	-	1	0.84	-
Cardona	11	0.29	1	0.84	0.24
Cardona	12	1.00	1	0.84	0.84
Cardona	13	-	1	0.84	-
Cardona	14	1.00	1	0.84	0.84
Cardona	15	1.00	1	0.84	0.84
Cardona	16	1.00	1	0.84	0.84
Cardona	17	1.00	1	0.84	0.84
Cardona	18	1.00	1	0.84	0.84

En Trapichillos fueron evaluadas 13 manzanas, el tipo de vivienda de esta localidad es en su mayoría son construidas con muros de materiales débiles con techos flexibles y algunas casas son de materiales rígidos en sus muros y techos. En esta localidad el índice de vulnerabilidad social es Bajo con I_M=1. El índice de riesgo físico para esta localidad es de 0.88.

Tabla 5.26.-Memoria de cálculo para riesgo sísmico de Trapichillos.

Localidad	Manzana	I_{VF}	I_M	$\left(0.8+\frac{I_M}{25}\right)$	$I_{RF}=I_{VF}\left(0.8+\frac{I_M}{25}\right)$
Trapichillos	2	1.00	2	0.88	0.88
Trapichillos	3	1.00	2	0.88	0.88
Trapichillos	4	1.00	2	0.88	0.88
Trapichillos	5	1.00	2	0.88	0.88
Trapichillos	6	1.00	2	0.88	0.88
Trapichillos	7	1.00	2	0.88	0.88
Trapichillos	8	1.00	2	0.88	0.88
Trapichillos	9	1.00	2	0.88	0.88
Trapichillos	10	-	2	0.88	-
Trapichillos	11	1.00	2	0.88	0.88
Trapichillos	12	-	2	0.88	-
Trapichillos	13	-	2	0.88	-
Trapichillos	14	-	2	0.88	-

En El Alpuyequito fueron evaluadas 8 manzanas, el tipo de vivienda de esta localidad es en su mayoría son construidas con muros de materiales débiles con techos flexibles y algunas casas son de materiales rígidos en sus muros y techos. En esta localidad el índice de vulnerabilidad social es Bajo con I_M=2. El índice de riesgo físico para esta localidad es de 0.25 y 0.88.

Tabla 5.27.- Memoria de cálculo para riesgo sísmico de El Alpuyequito.

Localidad	Manzana	I_{VF}	I_M	$\left(0.8+\frac{I_M}{25}\right)$	$I_{RF}=I_{VF}\left(0.8+\frac{I_M}{25}\right)$
El Alpuyequito	1	1.00	2	0.88	0.88
El Alpuyequito	2	1.00	2	0.88	0.88
El Alpuyequito	3	1.00	2	0.88	0.88
El Alpuyequito	4	-	2	0.88	-
El Alpuyequito	5	0.29	2	0.88	0.25
El Alpuyequito	6	0.29	2	0.88	0.25
El Alpuyequito	7	1.00	2	0.88	0.88
El Alpuyequito	8	1.00	2	0.88	0.88

En El Amarradero fueron evaluadas 27 manzanas, el tipo de vivienda de esta localidad es en su mayoría son construidas con muros de materiales débiles con techos flexibles y algunas casas son de materiales rígidos en sus muros y techos. En esta localidad el índice de vulnerabilidad social es bajo con I_M=2. El índice de riesgo físico para esta localidad es de 0.25 y 0.88.

Tabla 5.28.-Memoria de cálculo para riesgo sísmico de El Amarradero.

Localidad	Manzana	I_{VF}	I_M	$\left(0.8+\frac{I_M}{25}\right)$	$I_{RF}=I_{VF}\left(0.8+\frac{I_M}{25}\right)$
El Amarradero	1	1.00	2	0.88	0.88
El Amarradero	2	1.00	2	0.88	0.88
El Amarradero	3	1.00	2	0.88	0.88
El Amarradero	4	1.00	2	0.88	0.88
El Amarradero	5	1.00	2	0.88	0.88
El Amarradero	6	1.00	2	0.88	0.88
El Amarradero	7	0.29	2	0.88	0.25
El Amarradero	8	1.00	2	0.88	0.88
El Amarradero	9	1.00	2	0.88	0.88
El Amarradero	10	1.00	2	0.88	0.88
El Amarradero	11	-	2	0.88	-
El Amarradero	12	0.29	2	0.88	0.25
El Amarradero	13	1.00	2	0.88	0.88

Localidad	Manzana	I_{VF}	I_M	$\left(0.8+\frac{I_M}{25}\right)$	$I_{RF}=I_{VF}\left(0.8+\frac{I_M}{25}\right)$
El Amarradero	14	1.00	2	0.88	0.88
El Amarradero	15	1.00	2	0.88	0.88
El Amarradero	16	1.00	2	0.88	0.88
El Amarradero	17	1.00	2	0.88	0.88
El Amarradero	18	1.00	2	0.88	0.88
El Amarradero	19	1.00	2	0.88	0.88
El Amarradero	20	-	2	0.88	-
El Amarradero	21	1.00	2	0.88	0.88
El Amarradero	22	1.00	2	0.88	0.88
El Amarradero	23	1.00	2	0.88	0.88
El Amarradero	25	1.00	2	0.88	0.88
El Amarradero	26	1.00	2	0.88	0.88
El Amarradero	28	1.00	2	0.88	0.88

En El Astillero de Abajo fueron evaluadas 12 manzanas, el tipo de vivienda de esta localidad es en su mayoría son construidas con muros de materiales débiles con techos flexibles y algunas casas son de materiales rígidos en sus muros y techos. En esta localidad el índice de vulnerabilidad social es Bajo con I_M=2. El índice de riesgo físico para esta localidad es de 0.88.

Tabla 5.29.-Memoria de cálculo para riesgo sísmico de El Astillero de Abajo.

Localidad	Manzana	I_{VF}	I_M	$\left(0.8+\frac{I_M}{25}\right)$	$I_{RF}=I_{VF}\left(0.8+\frac{I_M}{25}\right)$
El Astillero de Abajo	1	1.00	2	0.88	0.88
El Astillero de Abajo	2	1.00	2	0.88	0.88
El Astillero de Abajo	3	-	2	0.88	-
El Astillero de Abajo	4	1.00	2	0.88	0.88
El Astillero de Abajo	5	1.00	2	0.88	0.88
El Astillero de Abajo	6	-	2	0.88	-
El Astillero de Abajo	7	1.00	2	0.88	0.88
El Astillero de Abajo	8	1.00	2	0.88	0.88
El Astillero de Abajo	9	1.00	2	0.88	0.88
El Astillero de Abajo	10	1.00	2	0.88	0.88
El Astillero de Abajo	11	1.00	2	0.88	0.88
El Astillero de Abajo	12	1.00	2	0.88	0.88

En El Astillero de Arriba fueron evaluadas 14 manzanas, el tipo de vivienda de esta localidad es en su mayoría son construidas con muros de materiales débiles con techos flexibles y algunas casas son de materiales rígidos en sus muros y techos. En esta localidad el índice de vulnerabilidad social es Bajo con I_M=2. El índice de riesgo físico para esta localidad es de 0.25 y 0.88.

Tabla 5.30.- Memoria de cálculo para riesgo sísmico de El Astillero de Arriba.

Localidad	Manzana	I_{VF}	I_M	$\left(0.8+\frac{I_M}{25}\right)$	$I_{RF}=I_{VF}\left(0.8+\frac{I_M}{25}\right)$
El Astillero de Arriba	1	-	2	0.88	-
El Astillero de Arriba	2	0.29	2	0.88	0.25
El Astillero de Arriba	3	1.00	2	0.88	0.88
El Astillero de Arriba	4	1.00	2	0.88	0.88
El Astillero de Arriba	5	1.00	2	0.88	0.88
El Astillero de Arriba	6	1.00	2	0.88	0.88
El Astillero de Arriba	7	-	2	0.88	-

Localidad	Manzana	I_{VF}	I_M	$\left(0.8+\frac{I_M}{25}\right)$	$I_{RF}=I_{VF}\left(0.8+\frac{I_M}{25}\right)$
El Astillero de Arriba	8	1.00	2	0.88	0.88
E Astillero de Arriba	9	1.00	2	0.88	0.88
El Astillero de Arriba	10	1.00	2	0.88	0.88
El Astillero de Arriba	11	1.00	2	0.88	0.88
El Astillero de Arriba	12	1.00	2	0.88	0.88
El Astillero de Arriba	13	-	2	0.88	-
El Astillero de Arriba	14	1.00	2	0.88	0.88

En El Bordo fueron evaluadas 6 manzanas, el tipo de vivienda de esta localidad es en su mayoría son construidas con muros de materiales débiles con techos flexibles y algunas casas son de materiales rígidos en sus muros y techos. En esta localidad el índice de vulnerabilidad social es Bajo con I_M=2. El índice de riesgo físico para esta localidad es de 0.25 y 0.88.

Tabla 5.31.- Memoria de cálculo para riesgo sísmico de El Bordo.

Localidad	Manzana	I_{VF}	I_M	$\left(0.8+\frac{I_M}{25}\right)$	$I_{RF}=I_{VF}\left(0.8+\frac{I_M}{25}\right)$
El Bordo	1	1.00	2	0.88	0.88
El Bordo	2	1.00	2	0.88	0.88
El Bordo	3	-	2	0.88	-
El Bordo	4	1.00	2	0.88	0.88
El Bordo	5	0.29	2	0.88	0.25
El Bordo	6	1.00	2	0.88	0.88

En El Chanal fueron evaluadas 22 manzanas, el tipo de vivienda de esta localidad es en su mayoría son construidas con muros de materiales débiles con techos flexibles y algunas casas son de materiales rígidos en sus muros y techos. El índice de vulnerabilidad social es Bajo con I_M=2. El índice de riesgo físico para esta localidad es de 0.25 y 0.88.

Tabla 5.32.- Memoria de cálculo para riesgo sísmico de El Chanal.

Localidad	Manzana	I_{VF}	I_M	$\left(0.8+\frac{I_M}{25}\right)$	$I_{RF}=I_{VF}\left(0.8+\frac{I_M}{25}\right)$
El Chanal	2	1.00	2	0 88	0.88
El Chanal	3	1.00	2	0.88	0.88
El Chanal	4	1.00	2	0.88	0.88
El Chanal	5	1.00	2	0.88	0.88
El Chanal	6	1.00	2	0.88	0.88
El Chanal	7	1.00	2	0.88	0.88
El Chanal	8	1.00	2	0.88	0.88
El Chanal	9	1.00	2	0.88	0.88
El Chanal	10	1.00	2	0.88	0.88
El Chanal	11	1.00	2	0.88	0.88
El Chanal	12	1.00	2	0.88	0.88
El Chanal	13	1.00	2	0.88	0.88
El Chanal	14	1.00	2	0.88	0.88
El Chanal	15	1.00	2	0.88	0.88
El Chanal	16	1.00	2	0.88	0.88
El Chanal	17	1.00	2	0.88	0.88
El Chanal	18	1.00	2	0.88	0.88
El Chanal	19	-	2	0.88	-
El Chanal	21	-	2	0.88	-
El Chanal	22	-	2	0.88	-
El Chanal	23	1.00	2	0.88	0.88
El Chanal	23	1.00	2	0.88	0.88
El Chanal	24	0.29	2	0.88	0.25

En La Capacha fueron evaluadas 5 manzanas, el tipo de vivienda de esta localidad es en su mayoría son construidas con muros de materiales débiles con techos flexibles y algunas casas son de materiales rígidos en sus muros y techos. En esta localidad el índice de vulnerabilidad social es Bajo con I_M=2. El índice de riesgo físico para esta localidad es de 0.25 y 0.88.

Tabla 5.33.- Memoria de cálculo para riesgo sísmico de La Capacha.

Localidad	Manzana	I_{VF}	I_M	$\left(0.8+\frac{I_M}{25}\right)$	$I_{RF}=I_{VF}\left(0.8+\frac{I_M}{25}\right)$
La Capacha	1	1.00	2	0.88	0.88
La Capacha	2	0.29	2	0.88	0.25
La Capacha	3	0.29	2	0.88	0.25
La Capacha	4	1.00	2	0.88	0.88
La Capacha	5	1.00	2	0.88	0.88

En Estapilla fueron evaluadas 50 manzanas, el tipo de vivienda de esta localidad es en su mayoría son construidas con muros de materiales débiles con techos flexibles y algunas casas son de materiales rígidos en sus muros y techos. En esta localidad el índice de vulnerabilidad social es Bajo con I_M=2. El índice de riesgo físico para esta localidad es de 0.25 y 0.88.

Tabla 5.34.- Memoria de cálculo para riesgo sísmico de Estapilla.

Localidad	Manzana	I_{VF}	I_M	$\left(0.8+\frac{I_M}{25}\right)$	$I_{RF}=I_{VF}\left(0.8+\frac{I_M}{25}\right)$
Estapilla	2	1.00	2	0.88	0.88
Estapilla	3	-	2	0.88	-
Estapilla	4	1.00	2	0.88	0.88
Estapilla	5	1.00	2	0.88	0.88
Estapilla	6	-	2	0.88	-
Estapilla	7	-	2	0.88	-
Estapilla	9	1.00	2	0.88	0.88
Estapilla	9	1.00	2	0.88	0.88
Estapilla	10	1.00	2	0.88	0.88
Estapilla	11	1.00	2	0.88	0.88
Estapilla	12	1.00	2	0.88	0.88
Estapilla	13	-	2	0.88	-
Estapilla	14	-	2	0.88	-
Estapilla	15	-	2	0.88	-
Estapilla	16	-	2	0.88	-
Estapilla	17	1.00	2	0.88	0.88
Estapilla	18	1.00	2	0.88	0.88
Estapilla	19	1.00	2	0.88	0.88
Estapilla	20	1.00	2	0.88	0.88
Estapilla	21	1.00	2	0.88	0.88
Estapilla	22	1.00	2	0.88	0.88
Estapilla	46	-	2	0.88	-
Estapilla	47	1.00	2	0.88	0.88
Estapilla	48	1.00	2	0.88	0.88
Estapilla	49	1.00	2	0.88	0.88
Estapilla	50	1.00	2	0.88	0.88

Localidad	Manzana	I_{VF}	I_M	$\left(0.8+\frac{I_M}{25}\right)$	$I_{RF}=I_{VF}\left(0.8+\frac{I_M}{25}\right)$
Estapilla	23	1	2	0.88	0.88
Estapilla	24	1	2	0.88	0.88
Estapilla	25	1	2	0.88	0.88
Estapilla	2	1	2	0.88	0.88
Estapilla	26	1	2	0.88	0.88
Estapilla	27	1	2	0.88	0.88
Estapilla	28	-	2	0.88	-
Estapilla	29	1	2	0.88	0.88
Estapilla	0	0.29	2	0.88	0.25
Estapilla	31	1	2	0.88	0.88
Estapilla	32	1	2	0.88	0.88
Estapilla	33	1	2	0.88	0.88
Estapilla	34	1	2	0.88	0.88
Estapilla	35	0.29	2	0.88	0.25
Estapilla	36	0.29	2	0.88	0.25
Estapilla	37	1	2	0.88	0.88
Estapilla	38	1	2	0.88	0.88
Estapilla	39	1	2	0.88	0.88
Estapilla	40	1	2	0.88	0.88
Estapilla	41	1	2	0.88	0.88
Estapilla	42	1	2	0.88	0.88
Estapilla	43	1	2	0.88	0.88
Estapilla	44	1	2	0.88	0.88
Estapilla	45	-	2	0.88	-

En Las Golondrinas fueron evaluadas 7 manzanas, el tipo de vivienda de esta localidad es en su mayoría son construidas con muros de materiales débiles con techos flexibles y algunas casas son de materiales rígidos en sus muros y techos. En esta localidad el índice de vulnerabilidad social es Bajo con I_M=2. El índice de riesgo físico para esta localidad es de 0.88.

Tabla 5.35.- Memoria de cálculo para riesgo sísmico de Las Golondrinas.

Localidad	Manzana	PM	$I_{VF} = \frac{V_i P_i}{V_P P_M}$	I_M	$\left(0.8 + \frac{I_M}{25}\right)$	$I_{RF} = I_{VF}\left(0.8 + \frac{I_M}{25}\right)$
Las Golondrinas	3	0.80	1.00	2	0.88	0.88
Las Golondrinas	4	0.80	-	2	0.88	-
Las Golondrinas	5	0.80	-	2	0.88	-
Las Golondrinas	6	0.80	-	2	0.88	-
Las Golondrinas	7	0.80	1.00	2	0.88	0.88
Las Golondrinas	8	0.80	1.00	2	0.88	0.88
Las Golondrinas	9	0.80	1.00	2	0.88	0.88

En Las Guásimas fueron evaluadas 6 manzanas, el tipo de vivienda de esta localidad es en su mayoría son construidas con muros de materiales débiles con techos flexibles y algunas casas son de materiales rígidos en sus muros y techos. En esta localidad el índice de vulnerabilidad social es Bajo con I_M=2. El índice de riesgo físico para esta localidad es de 0.88.

Tabla 5.36.- Memoria de cálculo para riesgo sísmico de Las Guásimas.

Localidad	Manzana	I_{VF}	I_M	$\left(0.8 + \frac{I_M}{25}\right)$	$I_{RF} = I_{VF}\left(0.8 + \frac{I_M}{25}\right)$
Las Guásimas	2	-	2	0.88	-
Las Guásimas	3	-	2	0.88	-
Las Guásimas	4	-	2	0.88	-
Las Guásimas	6	1.00	2	0.88	0.88
Las Guásimas	7	1.00	2	0.88	0.88
Las Guásimas	8	1.00	2	0.88	0.88
Las Guásimas	9	1.00	2	0.88	0.88
Las Guásimas	10	1.00	2	0.88	0.88
Las Guásimas	11	-	2	0.88	-
Las Guásimas	12	1.00	2	0.88	0.88
Las Guásimas	13	1.00	2	0.88	0.88
Las Guásimas	14	1.00	2	0.88	0.88
Las Guásimas	15	1.00	2	0.88	0.88
Las Guásimas	16	1.00	2	0.88	0.88
Las Guásimas	17	-	2	0.88	-
Las Guásimas	18	1.00	2	0.88	0.88
Las Guásimas	19	1.00	2	0.88	0.88
Las Guásimas	20	1.00	2	0.88	0.88

Localidad	Manzana	I_{VF}	I_M	$\left(0.8 + \frac{I_M}{25}\right)$	$I_{RF} = I_{VF}\left(0.8 + \frac{I_M}{25}\right)$
Las Guásimas	21	1.00	2	0.88	0.88
Las Guásimas	22	1.00	2	0.88	0.88
Las Guásimas	23	1.00	2	0.88	0.88
Las Guásimas	24	1.00	2	0.88	0.88
Las Guásimas	25	1.00	2	0.88	0.88
Las Guásimas	26	1.00	2	0.88	0.88
Las Guásimas	27	1.00	2	0.88	0.88
Las Guásimas	28	1.00	2	0.88	0.88
Las Guásimas	29	1.00	2	0.88	0.88
Las Guásimas	30	1.00	2	0.88	0.88
Las Guásimas	31	1.00	2	0.88	0.88
Las Guásimas	32	1.00	2	0.88	0.88
Las Guásimas	33	1.00	2	0.88	0.88
Las Guásimas	33	1.00	2	0.88	0.88
Las Guásimas	34	1.00	2	0.88	0.88
Las Guásimas	35	1.00	2	0.88	0.88

En Las Tunas fueron evaluadas 15 manzanas, el tipo de vivienda de esta localidad es en su mayoría son construidas con muros de materiales débiles con techos flexibles y algunas casas son de materiales rígidos en sus muros y techos. En esta localidad el índice de vulnerabilidad social es Bajo con I_M=2. El índice de riesgo físico para esta localidad es de 0.88.

Tabla 5.37.- Memoria de cálculo para riesgo sísmico de Las Tunas.

Localidad	Manzana	I_{VF}	I_M	$\left(0.8+\frac{I_M}{25}\right)$	$I_{RF}=I_{VF}\left(0.8+\frac{I_M}{25}\right)$
Las Tunas	2	1.00	1	0.84	0.84
Las Tunas	3	1.00	1	0.84	0.84
Las Tunas	4	1.00	1	0.84	0.84
Las Tunas	5	1.00	1	0.84	0.84
Las Tunas	6	1.00	1	0.84	0.84
Las Tunas	7	1.00	1	0.84	0.84
Las Tunas	8	1.00	1	0.84	0.84
Las Tunas	9	1.00	1	0.84	0.84
Las Tunas	10	1.00	1	0.84	0.84
Las Tunas	11	1.00	1	0.84	0.84
Las Tunas	12	1.00	1	0.84	0.84
Las Tunas	13	1.00	1	0.84	0.84
Las Tunas	14	1.00	1	0.84	0.84
Las Tunas	15	1.00	1	0.84	0.84
Las Tunas	16	0.29	1	0.84	0.24

5.2.7.3 Análisis de resultados

En la localidad de Acatitán el peligro sísmico es Alto, la vulnerabilidad social es Baja, y el tipo de vivienda es de muy mala calidad. Integrando estos tres factores se tiene que en la localidad de Acatitán el nivel de riesgo sísmico es Muy Alto (Figura 5.30). Por lo que 53 viviendas con una ocupación de 196 habitantes se encuentran en riesgo sísmico Muy Alto.

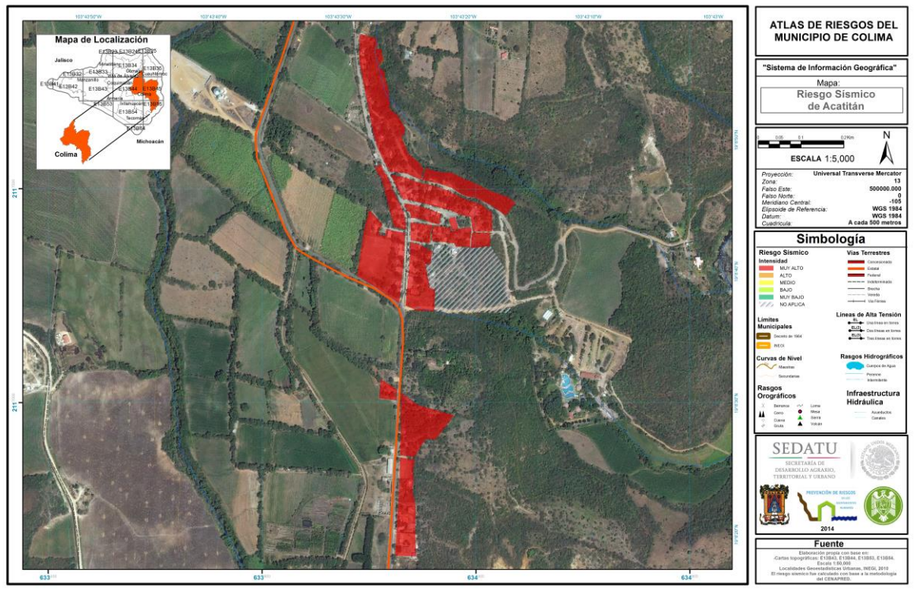


Figura 5.30.- Nivel de riesgo sísmico de la localidad de Acatitán.

Figura 5.31.- Nivel de riesgo sísmico para la localidad de Cardona.

En la localidad de Cardona el peligro sísmico es Alto, la vulnerabilidad social es Baja, y el tipo de vivienda es de muy mala calidad y algunas viviendas son de buena calidad por lo que tienen un V_i Bajo. Integrando estos tres factores se tiene que en la localidad de Cardona el nivel de riesgo sísmico es Muy Alto (Figura 5.31). Por lo que 83 viviendas con una ocupación de 335 habitantes se encuentran en riesgo sísmico Muy Alto y 12 viviendas con una ocupación de 48 habitantes se encuentran en riesgo sísmico Bajo.

En el Trapichillos el peligro sísmico es Alto, la vulnerabilidad social es Baja, y el tipo de vivienda es de muy mala calidad y algunas viviendas son de buena calidad por lo que tienen un V_i Bajo. Integrando estos tres factores se tiene que en esta localidad el nivel de riesgo sísmico es Muy Alto (Figura 5.32).

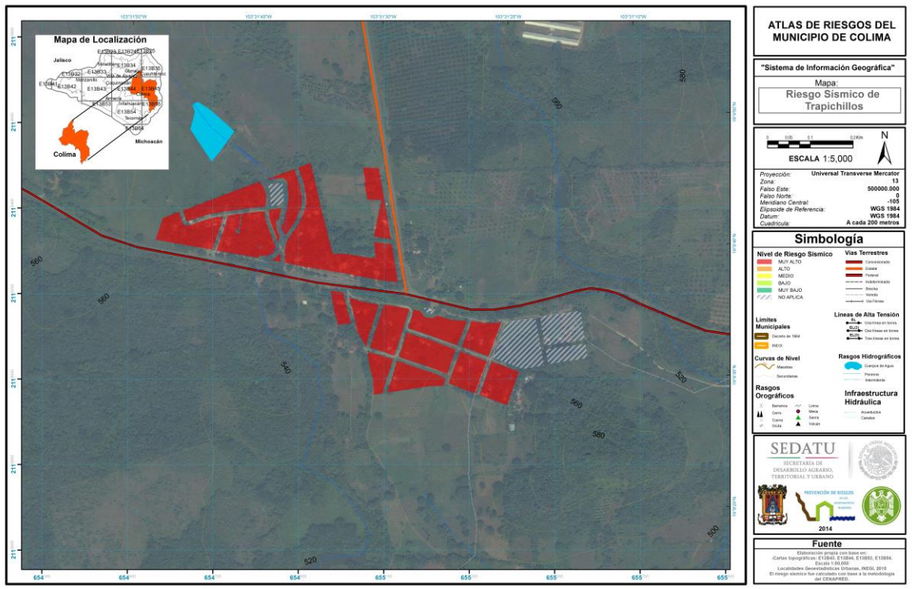


Figura 5.32.- Nivel de riesgo sísmico para el Trapichillos.

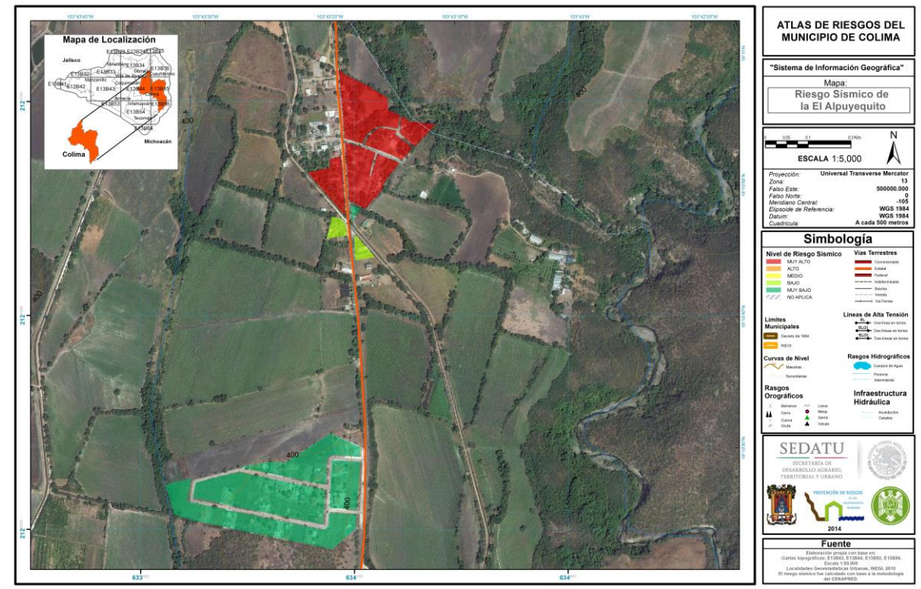


Figura 5.33.- Nivel de riesgo sísmico para la localidad de El Alpuyequito.

En la localidad de El Alpuyequito el peligro sísmico es Alto, la vulnerabilidad social es Baja, y el tipo de vivienda es de muy mala calidad y algunas viviendas son de buena calidad por lo que tienen un V_i Bajo. Integrando estos tres factores se tiene que en la localidad de El Alpuyequito el nivel de riesgo sísmico es Muy Alto (Figura 5.33). Por lo que 22 viviendas con una ocupación de 98 habitantes se encuentran en riesgo sísmico Muy Alto y 9 viviendas con una ocupación de 39 habitantes se encuentran en riesgo sísmico Bajo.

En la localidad de El Amarradero el peligro sísmico es Alto, la vulnerabilidad social es Baja, y el tipo de vivienda es de muy mala calidad y algunas viviendas son de buena calidad por lo que tienen un V_i Bajo. Integrando estos tres factores se tiene que en la localidad de El Amarradero el nivel de riesgo sísmico es Muy Alto (Figura 5.34). Por lo que 49 viviendas con una ocupación de 164 habitantes se encuentran en riesgo sísmico Muy Alto y 4 viviendas con una ocupación de 15 habitantes se encuentra en riesgo sísmico Bajo.

Figura 5.34.- Nivel de riesgo sísmico para la localidad de El Amarradero.

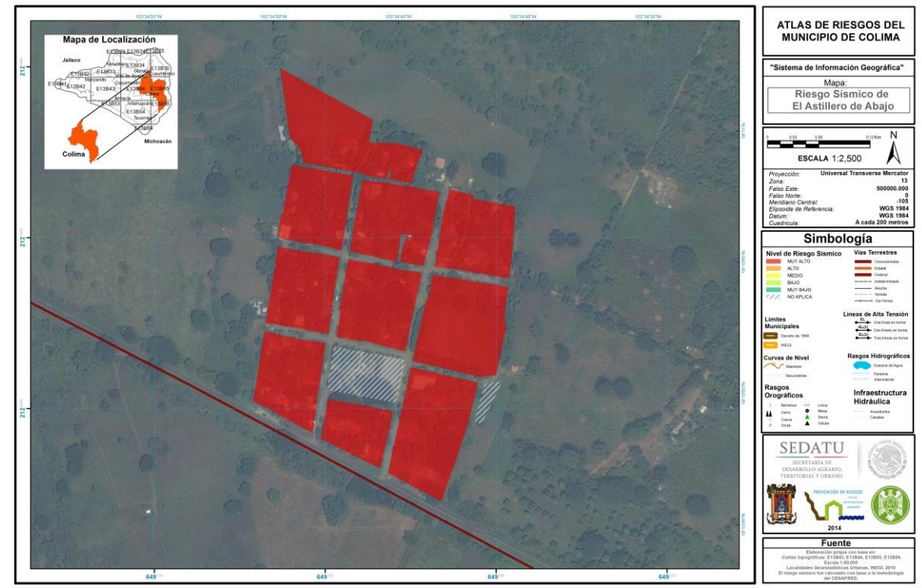


Figura 5.35.- Nivel de riesgo sísmico para El Astillero de Abajo.

En la localidad de El Astillero de Abajo el peligro sísmico es Alto, la vulnerabilidad social es Baja, y el tipo de vivienda es de muy mala calidad y algunas viviendas son de buena calidad por lo que tienen un V_i Bajo. Integrando estos tres factores se tiene que en la localidad de El Astillero de Abajo el nivel de riesgo sísmico es Muy Alto (Figura 5.35). Por lo que 51 viviendas con una ocupación de 163 habitantes se encuentran en riesgo sísmico Muy Alto.

En la localidad de El Astillero de Arriba el peligro sísmico es Alto, la vulnerabilidad social es Baja, y el tipo de vivienda es de muy mala calidad y algunas viviendas son de buena calidad por lo que tienen un V_i Bajo. Integrando estos tres factores se tiene que en la localidad de El Astillero de Arriba el nivel de riesgo sísmico es Muy Alto (Figura 5.36).

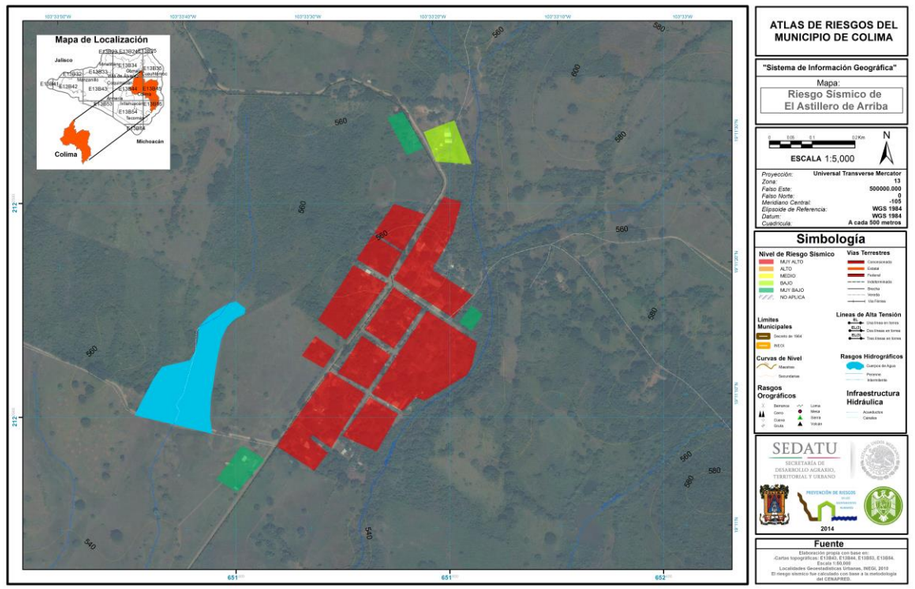


Figura 5.36.- Nivel de riesgo sísmico para la localidad de El Astillero de Arriba.

Figura 5.37.- Nivel de riesgo sísmico para la localidad de El Bordo.

En la localidad de El Bordo el peligro sísmico es Alto, la vulnerabilidad social es Baja, y el tipo de vivienda es de muy mala calidad y algunas viviendas son de buena calidad por lo que tienen un V_i Bajo. Integrando estos tres factores se tiene que en la localidad de El Bordo el nivel de riesgo sísmico es Muy Alto (Figura 5.37). Por lo que 26 viviendas con una ocupación de 95 habitantes se encuentran en riesgo sísmico Muy Alto y 7 viviendas con una ocupación de 24 habitantes se encuentran en riesgo sísmico Bajo.

En la localidad de El Chanal el peligro sísmico es Alto, la vulnerabilidad social es Baja, y el tipo de vivienda es de muy mala calidad y algunas viviendas son de buena calidad por lo que tienen un V_i Bajo. Integrando estos tres factores se tiene que en la localidad de El Chanal el nivel de riesgo sísmico es Muy Alto (Figura 5.38). Por lo que 206 viviendas con una ocupación de 773 habitantes se encuentran en riesgo sísmico Muy Alto y 11 viviendas con una ocupación de 41 habitantes se encuentran en riesgo Bajo.

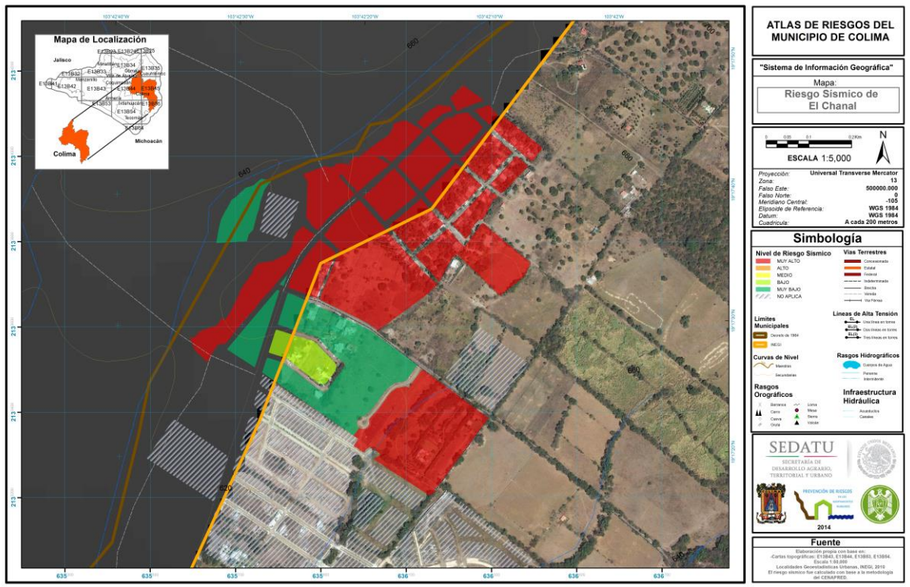


Figura 5.38.- Nivel de riesgo sísmico de El Chanal.

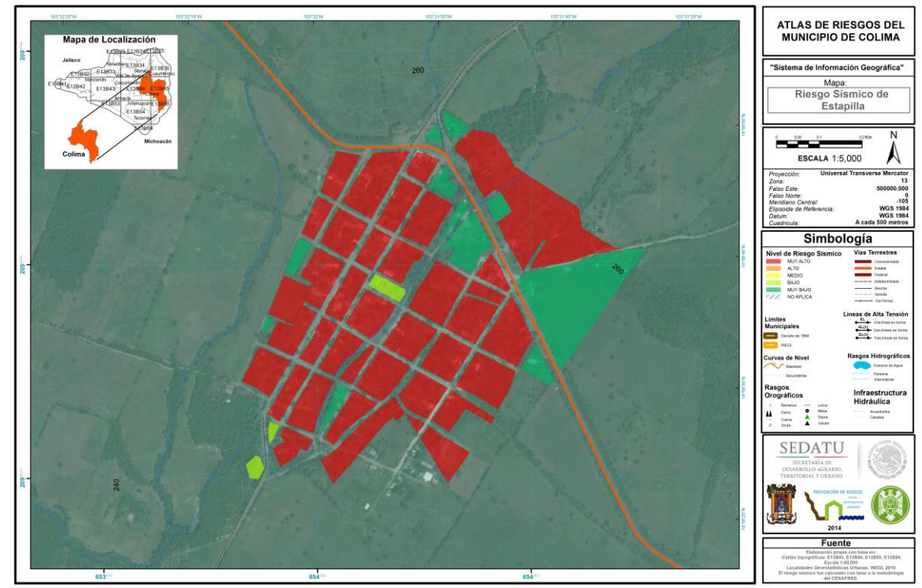


Figura 5.39.- Nivel de riesgo sísmico de Estapilla.

En la localidad de Estapilla el peligro sísmico es Alto, la vulnerabilidad social es Baja, y el tipo de vivienda es de muy mala calidad y algunas viviendas son de buena calidad por lo que tienen un V_i Bajo. Integrando estos tres factores se tiene que en la localidad de Estapilla el nivel de riesgo sísmico es Muy Alto (Figura 5.39). Por lo que 95 viviendas con una ocupación de 328 habitantes se encuentran en riesgo sísmico Muy Alto y 8 viviendas con una ocupación de 27 habitantes se encuentran en riesgo Bajo.

En la localidad de La Capacha el peligro sísmico es Alto, la vulnerabilidad social es Baja, y el tipo de vivienda es de muy mala calidad y algunas viviendas son de buena calidad por lo que tienen un V_i Bajo. Integrando estos tres factores se tiene que en la localidad de La Capacha el nivel de riesgo sísmico es Muy Alto (Figura 5.40). Por lo que 23 viviendas con una ocupación de 77 habitantes se encuentran en riesgo sísmico Muy Alto y 16 viviendas con una ocupación de 51 habitantes se encuentran en riesgo Bajo.

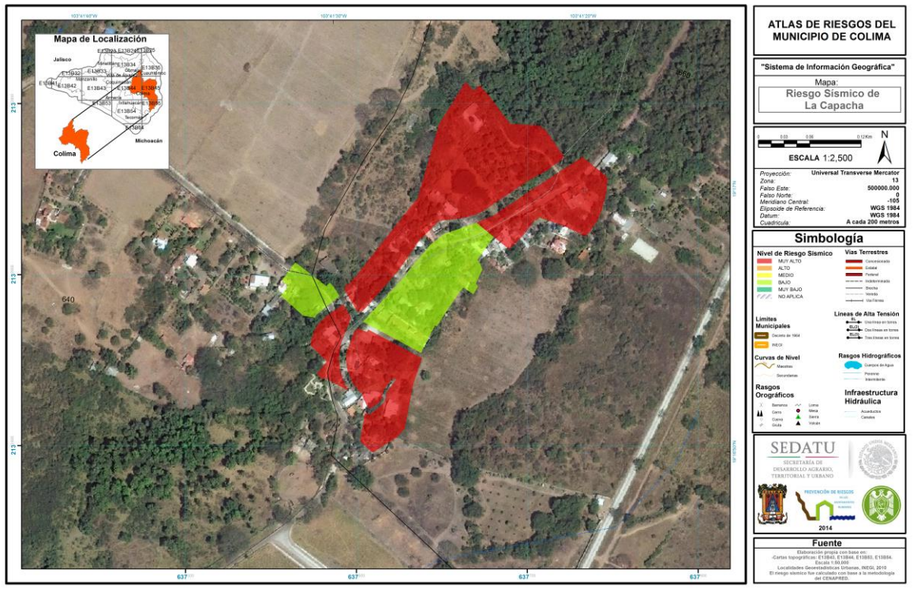


Figura 5.40.- Nivel de riesgo sísmico para la localidad de La Capacha.

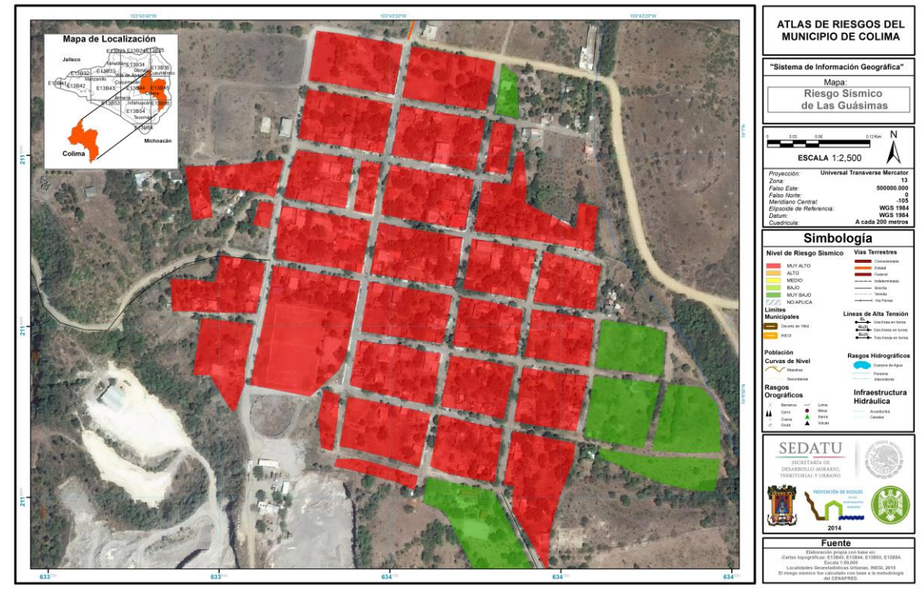


Figura 5.41.- Nivel de riesgo sísmico de Las Guásimas.

En la localidad de Las Guásimas el peligro sísmico es Alto, la vulnerabilidad social es Baja, y el tipo de vivienda es de muy mala calidad y algunas viviendas son de buena calidad por lo que tienen un V_i Bajo. Integrando estos tres factores se tiene que en la localidad de Las Guásimas el nivel de riesgo sísmico es Muy Alto (Figura 5.41). Por lo que 137 viviendas con una ocupación de 516 habitantes se encuentran en riesgo sísmico Muy Alto.

En la localidad de Las Golondrinas el peligro sísmico es Alto, la vulnerabilidad social es Baja, y el tipo de vivienda es de muy mala calidad y algunas viviendas son de buena calidad por lo que tienen un V_i Bajo. Integrando estos tres factores se tiene que en la localidad de Las Golondrinas el nivel de riesgo sísmico es Muy Alto (Figura 5.42). Por lo que 56 viviendas con una ocupación de 200 habitantes se encuentran en riesgo sísmico Muy Alto.

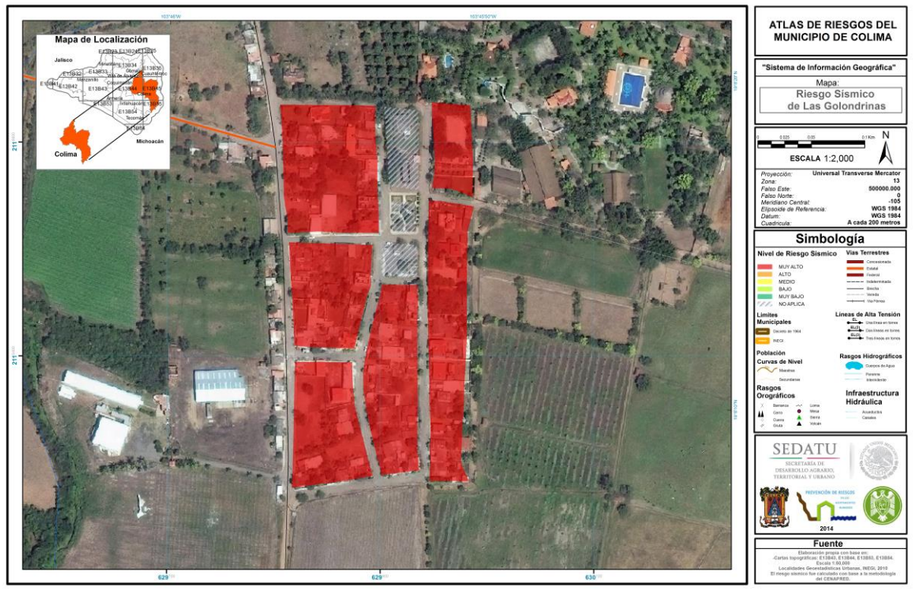


Figura 5.42.- Nivel de riesgo sísmico de Las Golondrinas.

Figura 5.43.- Nivel de riesgo sísmico para la localidad de Las Tunas.

En la localidad de Las Tunas el peligro sísmico es Alto, la vulnerabilidad social es Baja, y el tipo de vivienda es de muy mala calidad y algunas viviendas son de buena calidad por lo que tienen un V_i Bajo. Integrando estos tres factores se tiene que en la localidad de Las Tunas el nivel de riesgo sísmico es Muy Alto (Figura 5.43). Por lo que 53 viviendas con una ocupación de 220 habitantes se encuentran en riesgo sísmico Muy Alto y 4 viviendas con una ocupación de 16 habitantes se encuentran en riesgo sísmico Bajo.

5.2.8 Conclusiones

En el municipio de Colima la vulnerabilidad social es Baja y Muy Baja, el tipo de vivienda es muy variado. Se encuentran viviendas de muy mala calidad, de calidad media y de calidad alta, por lo que la vulnerabilidad física es de Alta a Baja, pero en las localidades pequeñas la vulnerabilidad física es Muy Alta, debido a la mala calidad de las construcciones. En lo que se refiere al nivel de riesgo sísmico en la ciudad de Colima va de nivel de riesgo Bajo a nivel de riesgo Alto y en las localidades pequeñas el riesgo sísmico es alto debido a que el municipio de Colima tiene un peligro Sísmico de 0.8 (el peligro más alto para la República Mexicana, por estar localizado en la zona D), y la vulnerabilidad física es un factor importante para el riesgo sísmico, y en estas localidades como ya se dijo es Alto.

5.3 TSUNAMI[157]

Un Tsunami (del japonés Tsu: puerto o bahía, Nami: ola) es una ola o serie de olas que se producen en una masa de agua al ser empujada violentamente por una fuerza que la desplaza verticalmente.

Terremotos, volcanes, meteoritos, derrumbes costeros o subterráneos e incluso explosiones de gran magnitud pueden generar un tsunami.

Antiguamente se les llamaba “marejadas”, “maremotos” u “ondas sísmicas marinas”, pero estos términos han ido quedando obsoletos, ya que no describen adecuadamente el fenómeno. Los dos primeros implican movimientos de marea, que es un fenómeno diferente y que tiene que ver con un desbalance oceánico provocado por la atracción gravitacional ejercida por los planetas, el sol y especialmente la luna. Las ondas sísmicas, por otra parte, implican un terremoto y ya vimos que hay varias otras causas de un tsunami.

Un tsunami generalmente no es sentido por las naves en alta mar (las olas en alta mar son pequeñas) ni puede visualizarse desde la altura de un avión volando sobre el mar.

Como puede suponerse, los tsunamis pueden ser ocasionados por terremotos locales o por terremotos ocurridos a distancia. De ambos, los primeros son los que producen daños más devastadores debido a que no se alcanza a contar con tiempo suficiente para evacuar la zona (generalmente se producen entre 5 y 20 minutos después del terremoto) y a que el terremoto por sí mismo genera terror y caos que hacen muy difícil organizar una evacuación ordenada.

Los tsunamis, son consecuencia de sismos tectónicos de gran magnitud cuyo origen se encuentra bajo el fondo del océano. Debido al movimiento vertical del piso oceánico, la perturbación generada en el agua llega a desplazarse con velocidades de hasta 900 km/h en mar abierto, sin que sea posible percibir cambios de nivel. Sin embargo, al llegar a la costa su velocidad disminuye notablemente pero su altura puede aumentar hasta alcanzar unos 30 metros, como sucedió en Japón a finales del siglo XIX.

Para que un terremoto origine un tsunami el fondo marino debe ser movido abruptamente en sentido vertical, de modo que el océano es impulsado fuera de su equilibrio normal. Cuando esta inmensa masa de agua trata de recuperar su equilibrio, se generan las olas. El tamaño del tsunami estará determinado por la magnitud de la deformación vertical del fondo marino.

No todos los terremotos generan tsunamis, sino sólo aquellos de magnitud considerable, que ocurren bajo el lecho marino y que son capaces de deformarlo.

Si bien cualquier océano puede experimentar un tsunami, es más frecuente que ocurran en el Océano Pacífico, cuyas márgenes son más comúnmente asiento de terremotos de magnitudes considerables. Además el tipo de falla, llamada de subducción, hace más propicia la deformidad del fondo marino y por ende la generación de los tsunamis.

A pesar de lo dicho anteriormente, se han reportado tsunamis devastadores en los Océanos Atlánticos e Índico, así como el Mar Mediterráneo. Un gran tsunami acompañó a los terremotos de Lisboa en 1755, el del Paso de Mona de Puerto Rico en 1918, el de Grand Banks de Canadá en 1929, Chile 1960, Prince Williams Sound en Alaska 1964, el de Hawaii1975, el que afectó al continente asiático en diciembre de 2004, y el más reciente de marzo de 2011 que devastó la costa este del Japón.

En el caso de México, se tienen datos acerca de tsunamis ocurridos en la costa del Pacífico a partir del siglo XVIII. En Colima son significativos los eventos de 1816 y 1932 que ocasionaron varias víctimas mortales.

[157] CREC (2008). Catálogo de Riesgos en el Estado de Colima. Zonificación y Análisis de las Principales Amenazas Naturales y Antropogénicas y Estudio de Vulnerabilidad de las Edificaciones Esenciales. UCOL, FOMIX-CONACYT-Gobierno del Estado de Colima. Colima, México

5.3.1 Tsunamis en el estado de Colima[158]

El 3 de junio de 1932, un sismo (M=8.2) sacudió al estado de Colima. Esta sacudida, como muchas otras, fue seguida de una gran cantidad de réplicas en su mayoría de magnitudes pequeñas. Una de ellas (el día 22 de junio, M=6.9) ocurrida a unos 85 km al suroeste de la desembocadura del río Armería, generó el tsunami que golpeó principalmente a la población de Cuyutlán.

Instantes después de ocurrido el sismo, los habitantes vieron cómo se retiraba el mar de la zona de costa unos 100 metros, y en el lapso de 3 a 5 minutos volvió con una ola de aproximadamente 10 metros de altura, acompañada de un fuerte estruendo, que afectó principalmente a la población de Cuyutlán.

El Alcance del tsunami fue de aproximadamente 650 m tierra adentro, hasta la vía del ferrocarril, que en esta zona corre paralelo a la costa, y una zona costera de unos 25 km de longitud con centro en la desembocadura del río Armería. Aunque el evento fue registrado desde Manzanillo hasta Boca de Apiza, se sabe que la zona de daños va desde Cuyutlán pasando por el estero Palo Verde, Playa Paraíso, Boca de Pascuales, el Real, Tecuanillo, el Tecuán y presumiblemente hasta Boca de Apiza. Dado que en aquella época, la zona la ocupaban principalmente salineras y la población más grande era Cuyutlán, es de esta población de la que se tienen más datos.

El tsunami destruyó la mayoría de las construcciones en su mayor parte hechas de materiales como madera, tejamanil, zacate y enramadas de palapa. De igual forma, se sabe que en las zonas aledañas quedaron inutilizadas varias salineras por la inundación. El número de víctimas ascendió a más de 30, varios heridos, muchos desaparecidos, perdiéndose además gran cantidad de cabezas de ganado y animales domésticos. Hoy en día esta zona está ocupada por sitios turísticos de gran afluencia en época de vacaciones.

Dadas las características de la zona de afectación se presume que el evento sísmico del 22 de junio de 1932 disparó un deslizamiento masivo de sedimentos marinos los cuales a su vez desplazaron una masa de agua generando el tsunami correspondiente. Los tsunamis generados directamente por eventos sísmicos (debidos a la deformación del suelo marino por el paso de las ondas) suelen afectar áreas mayores de 25 km. Por otro lado, se considera que el centro de propagación del maremoto debió originarse a unos 10 km al SSW de Boca de Pascuales a partir de la inclinación orientada de árboles y postes a lo largo de la costa.

Datos históricos muestran que este fenómeno no es un evento aislado. El 13 de noviembre de 1816, otro tsunami, presumiblemente de las mismas dimensiones, azotó la costa Colimense. Según las referencias, luego de 8 días de actividad sísmica, ocurrió un sismo que minutos después levantó una ola que invadió la zona costera del valle de Tecomán e inutilizó por más de 9 años las salinas de “El Real de San Pantaleón” (Oseguera, 1989), lugar ya desaparecido y situado muy cerca del actual sitio turístico El Real, localizado a 3.4 km al Este de Boca de Pascuales. Frente a este lugar existe un islote que sobresale unos metros del nivel del mar, el cual pudo al igual que el cañón submarino del Armería, jugar un rol importante en la evolución y altura de los tsunamis.

5.3.2 Tsunamis en el municipio de Colima

El municipio de Colima no se encuentra en zona costera, por lo que la amenaza de Tsunami es nula, la cabecera municipal se encuentra aproximadamente a 50 km en línea recta de la costa del estado de Colima y a más de 500 metros sobre el nivel del mar.

[158] Bretón, M., *et. al.*, El Tsunami de 1932 en Cuyutlán, Colima.

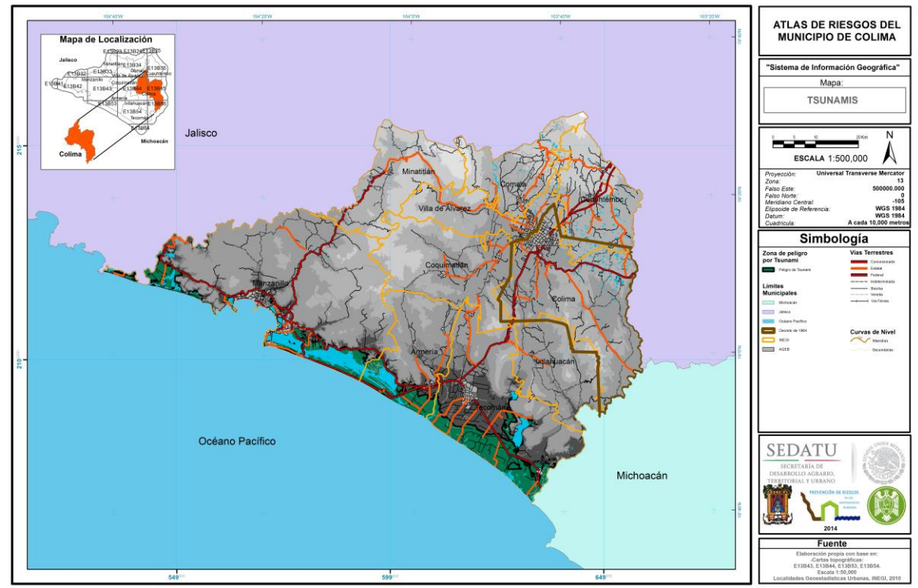


Figura 5.44.- Localización del municipio de Colima con respecto a los límites costeros del estado de Colima.

5.4 INESTABILIDAD DE LADERAS[159]

Existen diversas formas mediante las cuales se inicia un deslizamiento. Una característica casi invariable es “la presencia o ausencia de agua”, según el tipo de formación geológica involucrada.

Muchos de los taludes naturales se encuentran en una condición potencialmente inestable, de manera que los movimientos y los colapsos se pueden iniciar con facilidad. Los temblores intensos junto con los procesos de erosión son causas comunes que pueden actuar en diversas formas. La erosión diferencial de estratos de estabilidad variable puede dejar en voladizo el material de un estrato más duro que con el tiempo se romperá y causará el deslizamiento.

La erosión en el pie de un talud de material no consolidado puede remover el soporte necesario para el material superior, el que empezará a deslizarse hasta que se restaure la estabilidad. Esto sucederá con más facilidad en una formación de estratos inclinados.

Probablemente el factor más importante de todos los que pueden provocar un problema de inestabilidad de laderas naturales, sea el cambio en las condiciones de contenido de agua del subsuelo.

[159] CENAPRED (2001). “Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México”, Centro Nacional de Prevención de Desastres, México D.F

Esto puede ser generado por interferencia con las condiciones naturales de drenaje, evaporación excesiva de suelos que normalmente están húmedos o un incremento en el agua del subsuelo producido por lluvias excesivas.

Este último quizá sea el modo más común de afectar las condiciones del agua subterránea y es especialmente grave, porque las lluvias excesivas también incrementarán los escurrimientos superficiales que pueden provocar una erosión del material al pie de un talud e intensificar de este modo las tendencias al deslizamiento. Se puede decir que la presencia de agua en el subsuelo tiene tres efectos principales:

1. Incrementa el peso efectivo del material que satura.
2. Crea una presión apreciable en el agua que se localiza dentro de las formaciones térreas (presión ejercida desde el interior de las formaciones geológicas por el agua que se encuentra ocupando los poros de los materiales térreos).
3. Este incremento de presión interna tiene una tendencia franca a expandir la estructura formada por partículas sólidas de estos materiales, con lo que a su vez reduce la resistencia de las masas térreas. Con esto se manifiesta una tendencia clara a que muchos materiales se debiliten, sobre todo aquellos tipos de roca más débiles y los materiales no consolidados con algún contenido de arcilla.

Esta problemática se agrava aún más con la presencia de asentamientos humanos irregulares, que propician el intemperismo acelerado de las formaciones geológicas, volviéndolas más vulnerables a los efectos desestabilizadores descritos.

En las zonas montañosas donde se ubican asentamientos humanos irregulares es común observar deforestación, cortes de terreno, terrazas e infiltración de agua y materia orgánica producto de la actividad humana.

En el caso de zonas potencialmente inestables, se vuelve indispensable realizar obras de control, principalmente a lo que se refiere al drenaje.

Los problemas de colapso de laderas más comunes son:(a) caído, (b) deslizamiento y (c) flujo.

En cada uno de ellos se pueden involucrar sedimentos no consolidados y fragmentos de roca que pueden ser desde pequeños hasta grandes bloques.

Específicamente, las volcaduras y derrumbes de roca constituyen uno de los subgrupos principales en que normalmente se dividen los colapsos de laderas naturales y cortes artificiales de las mismas. Éstos pueden tener una influencia considerable en los aspectos de protección civil y un alto impacto destructivo sobre las obras de ingeniería y por tanto merecen atención especial.

Muchos derrumbes abarcan grandes extensiones, aunque generalmente los de mayor tamaño ocurren en regiones montañosas deshabitadas y por ello interesan más desde el punto de vista ambiental que de protección civil; sin embargo, dado que los asentamientos humanos irregulares están proliferando en zonas cada vez más altas sobre las laderas, este fenómeno está empezando a afectar más directamente a los centros de población de este tipo.

Los derrumbes de roca más frecuentes son de menor tamaño que los anteriores y se les puede identificar como desprendimientos y volcaduras. Sólo en muy rara ocasión habrá fallas grandes, incluso durante la construcción de rutas de transporte en áreas montañosas. Los desprendimientos, volcaduras y deslizamientos de roca de menor extensión son comunes en asentamientos humanos regulares e irregulares así como a lo largo de rutas de transporte cercanas a acantilados de rocas naturales y a cortes excavados a través de la roca.

Para diseñar un plan de protección a la población contra deslizamientos, colapsos y caídos locales de material proveniente de taludes y laderas naturales, es conveniente identificar el tipo de formación geológica involucrada, dado que éste es el factor determinante para la previsión de accidentes de este tipo. Es indispensable distinguir claramente entre material consolidado, roca basal, suelo y material no consolidado, como:

- Fragmentos de roca
- Arena y limo
- Mixto

- Material arcilloso plástico
- Material complejo

De éstos hay que determinar sus características intrínsecas en cuanto a la evolución de la intemperización física y química, así como los patrones de erosión característicos, todo en función del tiempo, tomando en cuenta las condiciones ambientales y climatológicas de cada sitio en particular.

Asimismo, es indispensable diferenciar entre las zonas con potencial para que se generen derrumbes y aquéllas donde se pueden presentar deslizamientos; lo anterior en función del tipo de roca o sedimento no consolidado, la pendiente natural del terreno y las condiciones y características de sismicidad, clima y ambiente propias de cada sitio. Hay que considerar que se puede desencadenar un problema de inestabilidad, sobre todo por el deterioro de las características de resistencia y estabilidad de las formaciones geológicas, al paso del tiempo, o por modificaciones al medio ambiente natural por la acción humana.

5.4.1 Metodología

5.4.1.1 Investigación de la historia de desastres y reconocimiento de campo

La recopilación de documentos o informes sobre deslizamientos ocurridos en el pasado son de gran ayuda ya que proveen información sobre las causas y consecuencias de los deslizamientos.

Con esta información es posible reconstruir la relación entre los factores internos y las posibles causas naturales, o factores externos, que dispararon los deslizamientos. Ello permitirá tomar en cuenta dichos factores para la determinación de posibles áreas de deslizamientos en el futuro.

La recopilación de información es valiosa, toda vez que permite la creación de un inventario que puede ser organizado por: localización del fenómeno, fecha de ocurrencia, tipo y extensión del deslizamiento, intensidad de lluvia o magnitud del sismo, etc. La información en hemerotecas, y de manera destacada la que provean de primera mano los habitantes de una localidad, será muy valiosa para la estimación del peligro.

Como una fuente y punto inicial de información muy valiosa deben citarse las cartas topográficas y geológicas con escala de 1:50,000 que dispone el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, INEGI, de todo el territorio nacional. La sobreposición de esta información proporciona elementos que conjugan los factores internos principales condicionantes de la estabilidad de una ladera; estos son, por una parte las alturas y pendientes de las laderas, y por la otra los geo-materiales que constituyen las laderas, así como las discontinuidades que presentan.

Debe sin embargo considerarse que la descripción geológica no es suficiente, por lo que más adelante se presentan algunas ideas de los atributos geotécnicos que deben investigarse.

El uso de planos topográficos recientes permite observar la forma de la superficie del terreno identificando los accidentes topográficos, o posibles movimientos de tierra ocasionados por acciones humanas o por causas naturales. De esta manera es posible identificar los aspectos geomorfológicos de la zona de estudio y sus condiciones de drenaje, lo cual da una idea del tipo de materiales que se pueden encontrar en el sitio; se recomienda que los mapas topográficos sean de una escala entre 1:2,000 y 1:10,000. Por otra parte, las fotografías aéreas siempre serán valiosas para identificar casi puntualmente la existencia de antiguos deslizamientos y las zonas susceptibles a dicho problema. Por ello será deseable contar con mosaicos de fotografías aéreas, las que vistas con estereoscopio, proporcionan una visión tridimensional con la que pueden juzgarse zonas propensas al deslizamiento. El desarrollo de nuevos asentamientos humanos y los cambios geomorfológicos de una zona son fáciles de identificar con estos medios.

5.4.1.2 Rasgos geológicos y geomorfológicos que propician inestabilidades de laderas

Las inestabilidades en nuestro país ocurren con gran frecuencia en suelos residuales y durante periodos de lluvias intensas. Los suelos residuales son aquellos materiales producto de la descomposición química de las rocas, resultado del intemperismo provocado por el clima; se trata de geomateriales no transportados, disgregables o de consistencia blanda que se mantienen en el mismo sitio en que

fueron modificados a partir de la roca original. Con frecuencia exhiben incluso la misma apariencia que la roca original. Amplias zonas del territorio nacional están cubiertas con suelos residuales, destacando las localizadas en la vertiente del Golfo de México y en las porciones sureste y sur de la vertiente del Pacífico; en ellas pueden distinguirse estos suelos de colores rojizos.

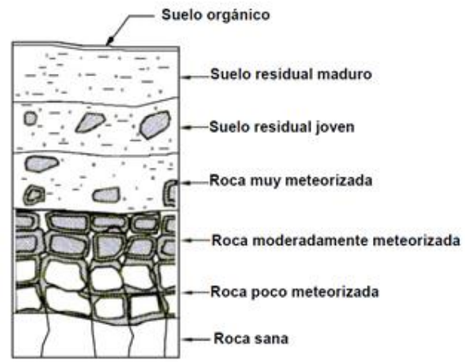


Figura 5.45.- Perfil de alteración de un suelo residual y de la roca basal.

El grado de alteración y la extensión a la que la estructura original de la masa de roca se destruye o meteoriza varía con la profundidad. Se da lugar así a perfiles de alteración que comprenden materiales con propiedades mecánicas muy diferentes desde aquellas propias de la roca franca que se encuentra a profundidad, hasta las de suelo completamente intemperizado o alterado, o simplemente residual, que se observa en la superficie del terreno. No es de extrañarse entonces, que con frecuencia las superficies de deslizamiento en materiales residuales se ubiquen relativamente cerca y paralelas a la superficie del terreno, como ocurrió en el deslizamiento de Teziutlán, Puebla.

Tabla 5.38.- Identificación de rasgos característicos que indican la posibilidad de inestabilidad de laderas.

Rasgos característicos	Rasgos característicos Interpretación
Salientes, hendiduras y agrietamientos en la parte alta (corona) de una ladera.	Son causados por deslizamientos previos, o son signo de deslizamientos futuros.
Taludes con una superficie empinada o irregular.	Atestiguan los remanentes de depósitos de un deslizamiento ocurrido en el pasado; éstos tienen un potencial alto para convertirse en un flujo o avalancha.
Depresiones en cualquier zona de una ladera.	Generalmente están cubiertas por acumulaciones de suelos colectando agua superficial. En la corona de una ladera, las depresiones dibujan el contorno de una posible escarpa de falla.
Taludes con filtraciones de agua.	Éstas pueden estar influenciadas por agua proveniente del interior de la ladera, incluso resultado de fenómenos tales como tubificación y erosión interna.
Taludes con bloques rocosos o muchos cantos rodados.	Ante pendientes fuertes y con echados favorables, tienen un alto potencial para generar caídos de roca.
Presencia o ausencia de vegetación.	Los cambios bruscos de vegetación pueden estar asociados a la presencia o ausencia de agua en la ladera, la que influye en las propiedades mecánicas del terreno; o bien, una discontinuidad tal como una grieta o falla que favorezca una inestabilidad.

Rasgos característicos	Rasgos característicos Interpretación
La inclinación de árboles o cercas (en el sentido del movimiento) ubicadas en el cuerpo de una ladera.	Indican un movimiento pendiente abajo de un espesor de materiales propensos a la falla; usualmente estos movimientos son lentos.
Agrietamientos en banquetas, muros y pisos de zonas urbanas desarrolladas en cañadas, cerros o montañas.	Indican el movimiento y la posibilidad de falla de una ladera, la cual puede ser acelerada por las fugas en los sistemas de drenaje y de abastecimiento de agua.

Las características principales de los materiales residuales son: a) usualmente muy heterogéneos, lo que los hace difíciles de muestrear y ensayar; b) se encuentran casi siempre en una condición no saturada, esto es que sus poros contienen no sólo agua sino también aire; y c) invariablemente tienen altas permeabilidades, lo que determina que sus propiedades sean particularmente sensibles y de una respuesta muy rápida a las influencias hidráulicas externas. Sin embargo, debe advertirse que los deslizamientos no sólo ocurren en suelos residuales, sino que incluso suceden en formaciones rocosas, como resultado de una variedad de causas, por lo que en el campo deberán distinguirse las características indicadas en la Tabla 5.38,que son síntomas de inestabilidad de laderas.

5.4.1.3 Un criterio simple para identificar la amenaza de deslizamientos de inestabilidad de laderas

A reserva de abordar la estimación del peligro de deslizamiento de manera más formal, se exponen en la Tabla 5.39 unos primeros criterios que permiten establecer el grado de amenaza al deslizamiento, que podrían ofrecer diversos tipos de laderas. En lo que resta de esta sección, se distinguen con mayor detalle cada uno de los factores que influyen en el problema, asignándoles una calificación relativa a cada uno de ellos.

Tabla 5.39.- Grados de amenaza en laderas.

Amenaza	Tipo de ladera
Muy alta	Laderas con agrietamientos, escarpas o salientes. Suelos muy alterados, sueltos y/o saturados. Presencia de discontinuidades desfavorables. Antecedentes de deslizamientos en el área o sitio. Ladera deforestada. Alta Laderas que exhiben zonas de falla. Meteorización de moderada a alta. Posee discontinuidades desfavorables, donde han ocurrido deslizamientos. Ladera deforestada.
Moderada	Laderas con algunas zonas de fallas. Formaciones rocosas con alteración y agrietamientos moderados. Sin antecedentes de deslizamientos en el sitio o región.
Baja	Laderas en formaciones rocosas con alteración de baja a moderada. Planos de discontinuidades pocos favorables al deslizamiento. Ladera sin deforestación. Capa de suelos compactos de poco espesor.

5.4.1.4 Proceso para la estimación del peligro

En la tarea de estimar el riesgo por deslizamiento y tomar medidas para reducirlo participan dos grupos de personas: los analistas o consultores geotécnicos o geológicos, quienes definen la amenaza y el peligro, y los que toman decisiones (Protección Civil, dueños, administradores y políticos) quienes implementan las acciones relativas a la administración del riesgo. Con frecuencia se tienen problemas de comunicación entre estos dos grupos, como resultado de su diferente base de conocimientos y profesión, así como por su particular enfoque y perspectiva. Usualmente cada grupo percibe de manera diferente los beneficios potenciales y las responsabilidades dentro de un estudio de riesgos. Tradicionalmente, la práctica de estimar el peligro y el riesgo por deslizamientos recae en el grupo de profesionales de ciencias de la tierra, quienes cargan no sólo con su responsabilidad, sino con la de otros, que deberían formar parte en la toma de decisiones. Tal procedimiento convencional se realiza con los pasos que se enlistan en la Tabla 5.40.

Tabla 5.40.- Procedimiento para estimar la amenaza y el riesgo por deslizamiento, según la UNESCO (Fell, 1994).

Paso	Acción
1	Reconocimiento de la amenaza (p. ej., hay posibilidad de deslizamientos de ciertos tipos)
2	Estimación de magnitudes (volúmenes)
3	Estimación de las probabilidades de ocurrencia correspondientes
4	Determinación de los elementos en riesgo
5	Estimación de vulnerabilidades
6	Cálculo de riesgos específicos
7	Cálculo del riesgo total
8	Estimación de la aceptabilidad del riesgo
9	Mitigación del riesgo (si es necesario)

Con base en estas ideas, Hungr (1997) propone una modificación al procedimiento convencional que se detalló en la anterior, por el que presenta en la siguiente tabla, el cual incluye dos etapas. De esta manera, la primera etapa que comprende la identificación del fenómeno y la estimación del peligro, es hecha totalmente por un consultor en geo ciencias, y es su responsabilidad. Tal estimación depende de las condiciones del sitio y de procesos naturales; mismos que se han descrito en las secciones previas, y que son ajenos a la presencia de posibles elementos en riesgo. Como conclusión de estas actividades debería liberarse un reporte que incluiría un mapa de distribución de intensidades potenciales, y una tabla de probabilidades asociadas.

En esta guía metodológica se ha adoptado el enfoque de Hungr, presentando entonces en esta sección los elementos necesarios para llevar a cabo los pasos 1 a 6 de la tabla de procedimientos, que corresponden a la estimación del peligro. La descripción de las actividades que implica los pasos 7 a 12 para estimar el riesgo, se aborda en la sección siguiente.

Tabla 5.41.- Procedimientos para estimar el peligro y el riesgo por deslizamiento de laderas, usando el concepto de intensidad del peligro, según Hungr (1997).

Etapa		Etapa	
Paso	**1. Estimación del peligro**	**Paso**	**2. Estimación del riesgo**
1	Reconocimiento del fenómeno o amenaza (por ejemplo, hay posibilidad de deslizamientos de ciertos tipos)	7	Determinación de los elementos en riesgo
2	Estimación de magnitudes (volúmenes)	8	Estimación de vulnerabilidades
3	Estimación de las probabilidades de ocurrencia correspondientes	9	Cálculo de riesgos específicos
4	Estimación de la distribución de la intensidad del peligro	10	Cálculo del riesgo total
5	Estimación de las probabilidades relacionadas con la intensidad	11	Estimación de la aceptabilidad del riesgo
6	Reporte de la estimación del peligro	12	Mitigación del riesgo (si es necesario)

5.4.1.5 Estimación de atributos geotécnicos, topográficos y ambientales

A fin de estimar el peligro que puede representar el deslizamiento de una ladera, es necesario investigar las condiciones del sitio distinguiendo:

a) Los deslizamientos que hayan ocurrido en la zona
b) Las peculiaridades topográficas y geomorfológicas
c) Las características geotécnicas de los materiales
d) Las condiciones ambientales.

El análisis tradicional de la estabilidad de una ladera se realiza con la cuantificación del factor de seguridad. Ello exige la determinación de propiedades de resistencia de los suelos o rocas, lo que sólo en contadas ocasiones es posible realizar, ya que la mayoría de las veces que Protección Civil interviene en estos menesteres, es porque se ha iniciado ya la inestabilidad. Usualmente, las condiciones imperantes exigen la toma de decisiones a corto plazo para establecer incluso un posible desalojo, a fin de proteger la vida, salud y patrimonio de las personas; de aquí que se requiera un procedimiento, aunque sencillo, suficientemente sólido y sistemático para fundamentar decisiones.

Tabla 5.42.- Formato para la estimación del peligro de deslizamiento de laderas.

FACTORES GEOTÉCNICOS					
Factor	**Intervalos o categorías**		**Atributo relativo**	**Observaciones**	**Calificación**
Tipo de suelos o rocas	Suelos granulares medianamente compactos a sueltos. Suelos que se reblandecen con la absorción de agua. Formaciones poco consolidadas.		1.5 a 2.5	Vulnerables a la erosión; o suelos de consistencia blanda.	
	Rocas metamórficas (lutitas, pizarras y esquistos) de poco a muy intemperizadas.		1.2 a 2.0		
	Suelos arcillosos consistentes o areno limosos compactos.		0.5 a 1.0	Multiplicar por 1.3 si está agrietado.	
	Rocas sedimentarias (areniscas, conglomerados, etc.) y tobas competentes.		0.3 a 0.6	Multiplicar por 1.2 a 1.5, según el grado de meteorización.	
	Rocas ígneas sanas (granito, basalto, riolita, etc.).		0.2 a 0.4	Multiplicar por 2 a 4 según el grado de meteorización.	
	Espesor de la capa de suelo.	Menos de 5 m	0.5	Revísense cortes y cañadas; o bien, recúrrase a exploración manual.	
		5 a 10 m	1.0		
		10 a 15 m	1.4		
		15 a 20 m	1.8		
Aspectos estructurales en formaciones rocosas	Echado de la discontinuidad.	Menos de 15°	0.3	Considérense planos de contacto entre formaciones, grietas, juntas y planos de debilidad. Ver figura 5.7.	
		25 a 35°	0.6		
		Más de 45°	0.9		
	Ángulo entre el echado de las discontinuidades y la inclinación del talud.	Más de 10	0.3	Ángulo diferencial positivo si el echado es mayor que la inclinación del talud. Ver figura 5.8.	
		0° a 10°	0.5		
		0°	0.7		
		0° a -10°	0.8		
		Menos de -10º	1.0		
	Ángulo entre el rumbo de las discontinuidades y el rumbo de la dirección del talud.	Más de 30°	0.2	Considerar la dirección de las discontinuidades más representativas.	
		10° a 20°	0.3		
		Menos de 5°	0.5		
FACTORES GEOMORFOLÓGICOS Y AMBIENTALES					
Evidencias geomorfológicas de "huecos" en laderas contiguas	Inexistentes		0.0	Formas de conchas o de embudo (flujos).	
	Volúmenes moderados		0.5		
	Grandes volúmenes faltantes		1.0		
Vegetación y uso de la tierra	Zona urbana		2.0	Considérese no sólo la ladera, sino también la plataforma en la cima.	
	Cultivos anuales		1.5		
	Vegetación intensa		0.0		
	Rocas con raíces de arbustos en sus fracturas		2.0		
	Vegetación moderada		0.8		
	Área deforestada		2.0		
Régimen del agua en la ladera	Nivel freático superficial		1.0	Detectar posibles emanaciones de agua en el talud.	
	Nivel freático inexistente		0.0		
	Zanjas o depresiones donde se acumule agua en la ladera o la plataforma		1.0		
				SUMATORIA	

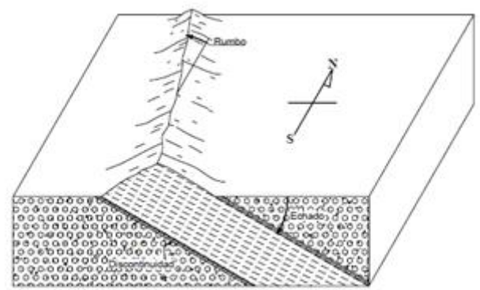


Figura 5.46.- Rumbo y echado de una formación geológica.

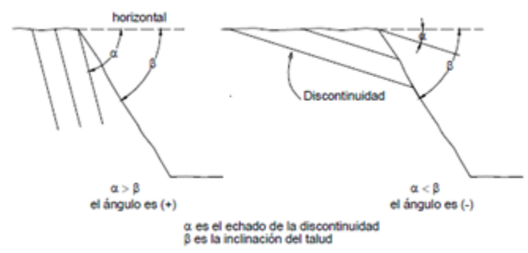


Figura 5.47.- Relación entre el echado de discontinuidades y la inclinación de la ladera.

5.4.1.6 Estimación del peligro de deslizamiento de una ladera

Calificados los diferentes factores que influyen en la estabilidad de una ladera, podrá hacerse su sumatoria, a fin de estimar el peligro de deslizamiento que pudiese adjudicársele a una ladera. En la tabla se distinguen cinco niveles de peligro, desde el muy bajo hasta el muy alto.

Esta metodología podría ser la base para la generación del mapeo regional de peligros, zonificando las áreas del terreno con igual o semejante potencial de inestabilidad, en combinación con un sistema de información geográfica (SIG). Estos mapas de peligro están fuera del alcance de esta guía. Sin embargo, el procedimiento antes descrito sería prácticamente invariante de la escala en que se aplique; esto es, que tanto se puede aplicar para una ladera específica de cierta dimensión; o bien, a escala de una ciudad, municipio o región, haciendo uso de mapas topográficos y geológicos de un SIG. Atendiendo a la escala correspondiente de planos o mapas topográficos, tomando en cuenta lo hasta aquí tratado, deberá estimarse el volumen potencial de un deslizamiento, a fin de cumplir con el paso 2 indicado en la Tabla 5.42.

Tabla 5.43.- Estimación del peligro de deslizamiento.

Grado	Descripción	Suma de las calificaciones
1	Peligro Muy Bajo	Menos de 5
2	Peligro Bajo	5 a 7
3	Peligro Moderado	7 a 8.5
4	Peligro Alto	8.5 a 10
5	Peligro Muy Alto	Más de 10

5.4.2 Memoria de cálculo

Para el cálculo de los valores obtenidos en campo de las diferentes zonas y localidades que pudieran presentar características propias de derrumbes o caídos, se utilizó la siguiente Tabla 5.42.

5.4.2.1 Intensidad del fenómeno de deslizamiento

Parece conveniente buscar un tratamiento similar al enfoque que se da a otros peligros naturales como el sísmico. Así, se ha considerado pertinente el enfoque de Hungr (1997), en el que los deslizamientos son caracterizados por su intensidad. La intensidad puede definirse como un conjunto de parámetros cuantitativos o cualitativos distribuidos espacialmente, con los que se puede determinar el potencial que tiene un deslizamiento para causar daños. La intensidad sísmica reúne a un conjunto de parámetros distribuidos espacialmente para descubrir la potencia destructiva de movimientos del terreno. Estos parámetros pueden ser cuantitativos, tal como la aceleración máxima o la velocidad máxima, o cualitativos como la escala de Mercalli modificada (MM).

Tratándose de la intensidad de un deslizamiento estaríamos refiriéndonos a los parámetros que describen su destructividad. Debe reconocerse que todavía no existe una escala como la de la intensidad sísmica (MM); en ello debe establecerse la dificultad para definir tal escala, en virtud de que los efectos de los movimientos masivos térreos sobre las estructuras e infraestructura, son mucho más diversos que aquellos debidos a los temblores de tierra.

Uno de los parámetros más importantes para definir la intensidad de un deslizamiento, es la velocidad máxima de movimiento. Este dato junto con la estimación de la magnitud o volumen del deslizamiento, la profundidad de la masa en movimiento y el desplazamiento total ofrecen elementos para juzgar la posible destructividad de un deslizamiento.

El análisis de la inestabilidad consiste en la zonificación con áreas susceptibles de deslizamiento de masas descrito por el CENAPRED.

5.4.3 Resultado del análisis

5.4.3.1 Descripción de los sitios con potencial susceptible a presencia de inestabilidad de laderas en el municipio de Colima

En el municipio de Colima, por las características presentados con los factores que contribuyen a la ocurrencia de inestabilidad representados en los mapas anteriores se describe a continuación los sitios susceptibles a la ocurrencia de estos fenómenos (Figura 5.48).

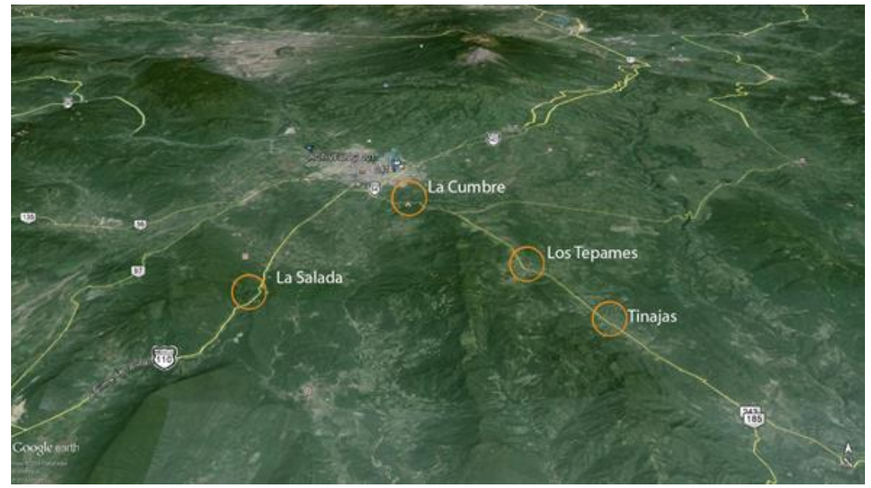


Figura 5.48.- Localización de zonas de inestabilidad en el municipio de Colima.

Tabla 5.44.- Valores para el cálculo del peligro por inestabilidad.

Localidad / Punto de Interés	Ubicación	Factores Topográficos e Históricos										
		Inclinación de los Taludes	Altura	Antecedentes de deslizamientos en el sitio, área o región	Valoración Total	Tipo de suelos o rocas	Aspectos estructurales en formaciones rocosas	Valoración Total	Evidencias geomorfológicas de huecos en las laderas contiguas	Vegetación y uso de la tierra	Régimen del agua en la ladera	Valoración Total
CERRO LA CUMBRE	N 19° 11' 37.0" W 103° 41' 43.3"	2.0	0.6	0.4	2.0	2.5	0.3	2.8	0.5	0.8	1.0	2.3
LOS TEPAMES	N 19° 05' 44.4" W 103° 37' 28.7"	1.0	0.6	0.4	2.0	0.3	0.8	1.1	0.0	2.0	1.0	3.0
LOS TEPAMES II	N 19° 05' 45.2" W 103° 37' 26.7"	1.0	0.6	0.4	2.0	0.8	0.8	1.6	0.5	2.0	2.0	4.5
TINAJAS	N 19° 02' 27.7" W 103° 35' 12.3"	1.0	0.6	0.4	2.0	2.5	1.0	2.5	0.5	2.0	2.0	4.5
LA SALADA 1	N 19° 04' 54.0" W 103° 46' 32.3"	2.0	1.2	0.6	3.8	1.3	0.8	2.1	1.0	2.0	2.0	5.0
LA SALADA II	N 19° 04' 55.0" W 103° 46' 32.3"	2.0	1.2	0.6	3.8	1.1	0.8	1.9	1.0	2.0	2.0	5.0
LA SALADA III	N 19° 04' 54.0" W 103° 46' 33.3"	2.0	1.2	0.6	3.8	1.1	0.8	1.9	1.0	2.0	2.0	5.0

En el Cerro de la Cumbre tenemos afloramiento de rocas calizas y rocas clásticas sobre la vialidad que comunica la ciudad de Colima con Tepames. En la localidad de Tepames se presentan contrastes topográficos que podrían originar inestabilidades en la presencia de grandes precipitaciones pluviales, en la región la pendiente es pronunciada y combinada con grandes avenidas pluviales en y sismos podrían ser causantes de inestabilidades. Se aprecian elevaciones topográficas con un tipo de roca intrusiva que podría poner en riesgo, tanto en deslizamiento como en inundación, a las viviendas

localizadas en esta parte de la localidad. El punto conocido como la Salada 1, presenta rocas muy inestables conformadas por yesos, calizas y arcillas, al igual que el punto conocido como la Salada 2, que además en periodo de lluvias tiene antecedentes de deslizamientos en el lugar. Las características del punto Salada 3, son similares al del punto Salada 2.

5.4.3.2 Ponderación del peligro en 5 niveles

Descripción de sitios utilizando la metodología del CENAPRED para cuantificar la inestabilidad en el municipio de Colima. A continuación se describen los sitios representados con alto potencial de inestabilidad utilizando la metodología CENAPRED determinando valores para establecer las siguientes categorías.

Tabla 5.45.- Resumen de las áreas de riesgo de inestabilidad por caído o derrumbe analizadas en el municipio de Colima.

Coordenadas Geográficas	Nombre	Cuantificación de Riesgo
19° 11’ 37.0” N, 103° 41’ 43.3” W	Cerro La Cumbre	7.1 (Peligro Moderado)
19° 05’ 44.4” N, 103° 37’ 28.7” W	Los Tepames (promedio)	9.7 (Peligro Alto)
19° 02’ 27.7” N, 103° 35’ 12.3” W	Tinajas	9.5 (Peligro Alto)
19° 04’ 54.0” N, 103° 46’ 32.3” W	La Salada (promedio)	9.7 (Peligro Alto)

5.4.4 Descripción de mapas de áreas de estudio

Debido a la configuración topográfica, al tipo de suelos y rocas, a la tectónica, a la hidrografía por mencionar algunos de los principales factores que prevalecen prevaleciente en la región centro occidente, donde se localiza el municipio de Colima se representan las zonas susceptibles a deslizamientos de masa.

5.4.4.1 Pendientes

El mapa que representa las pendientes topográficas en el municipio de Colima describe algunas de las áreas susceptibles a deslizamientos debido a este contraste topográfico. Y en este mapa se representan algunas de esas zonas como son, en el Cerro La Cumbre, Tepames, Tinajas y la Salada. La categorización se representa con el color correspondiente en el siguiente mapa.

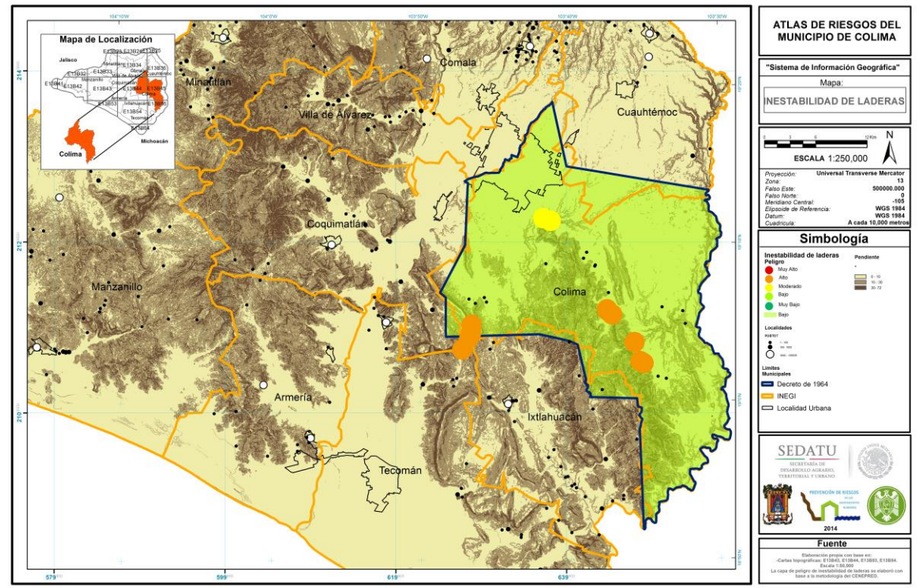


Figura 5.49.- Mapa de pendientes del municipio de Colima.

5.4.4.2 Pendientes con vías de comunicación.

La inestabilidad en el municipio de Colima, es representada aquí mediante la combinación del mapa de pendientes con las vías de comunicación en el municipio de Colima, una de las problemáticas que se pueden generar en las regiones representadas como áreas susceptibles a la inestabilidad, es la afectación la tráfico vehicular que pudiera estar cruzando estas zonas durante la ocurrencia de un evento en el que se presenta el movimiento de masas. La categorización se representa con el color correspondiente en el siguiente mapa.

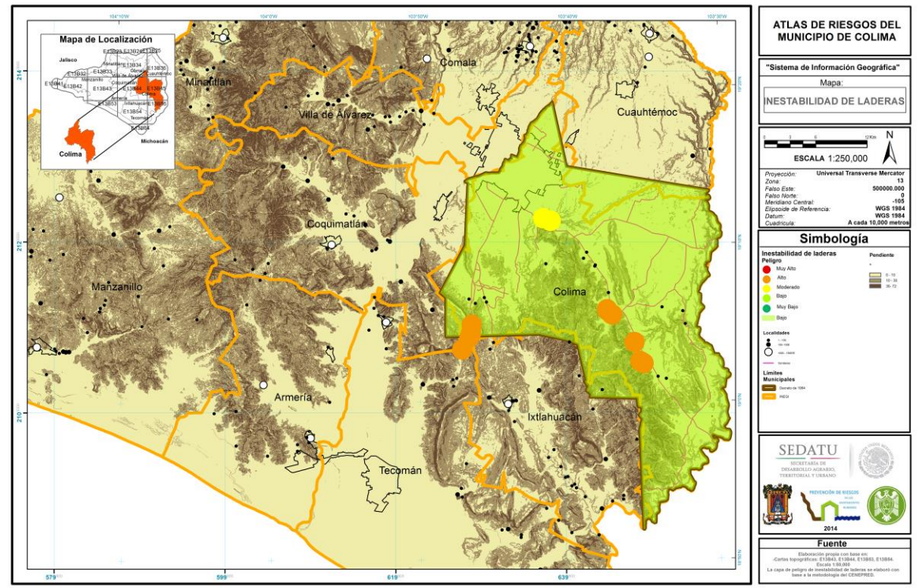


Figura 5.50.- Mapa de pendientes y red carretera del municipio de Colima.

5.4.4.3 Mapa de cobertura vegetal.

La inestabilidad en el municipio de Colima, es representada aquí mediante la combinación del mapa de pendientes con las vías de comunicación en el municipio de Colima, una de las problemáticas que se pueden generar en las regiones representadas como áreas susceptibles a la inestabilidad, es la afectación la tráfico vehicular que pudiera estar cruzando estas zonas durante la ocurrencia de un evento en el que se presenta el movimiento de masas. La categorización se representa con el color correspondiente en el siguiente mapa.

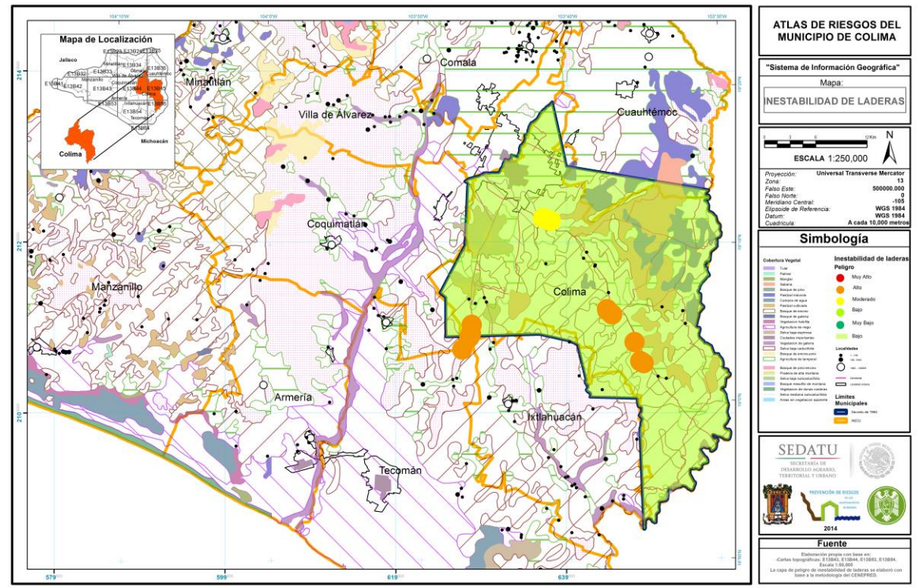


Figura 5.51.- Mapa de cobertura vegetal del municipio de Colima.

5.4.4.4 Mapa de laderas con cobertura vegetal y pendientes

La combinación de los factores de pendientes y cobertura vegetal son representados en el siguiente mapa de escala 1: 250 000 y sobre el municipio de Colima se pueden apreciar, que estos factores contribuyen para la valoración de las zonas susceptibles a la inestabilidad con categorización de Alto en Tepames, Tinajas, Cerro la Cumbre y la Salada en la parte limítrofe del municipio. La categorización se representa con el color correspondiente en el siguiente mapa.

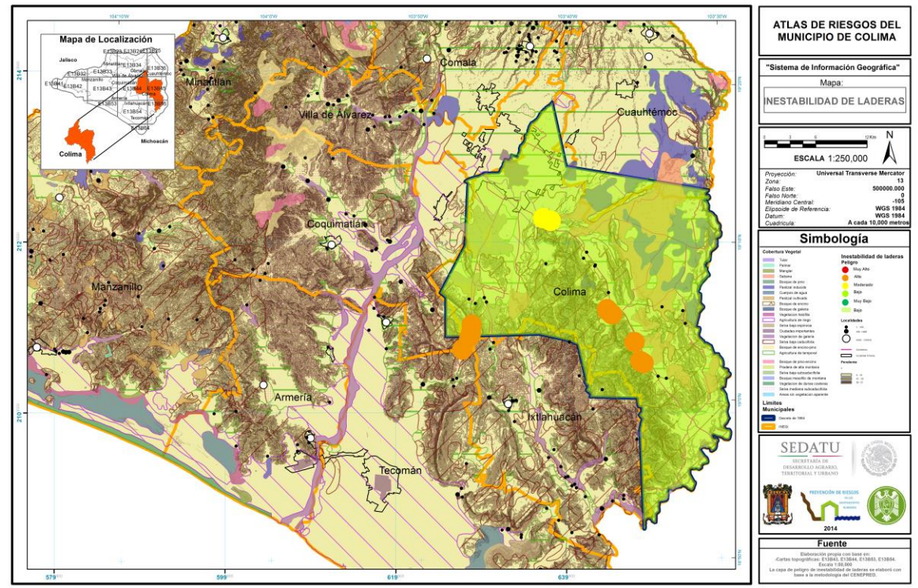


Figura 5.52.- Mapa de pendientes y cobertura vegetal del municipio de Colima.

5.4.4.5 Mapa de precipitación y vías de comunicación

Debido a la precipitación que se produce en la época de lluvias en el estado de Colima y concretamente en el municipio de Colima en donde se conjugan diferentes factores topográficos, litológicos y de cobertura vegetal es importante identificar la precipitación que se genera año con año en estas zonas de estudio, dado que este factor puede contribuir a la generación de inestabilidad en las zonas de Mediano, Alto y Muy Alto riesgo. La categorización se representa con el color correspondiente en el siguiente mapa.

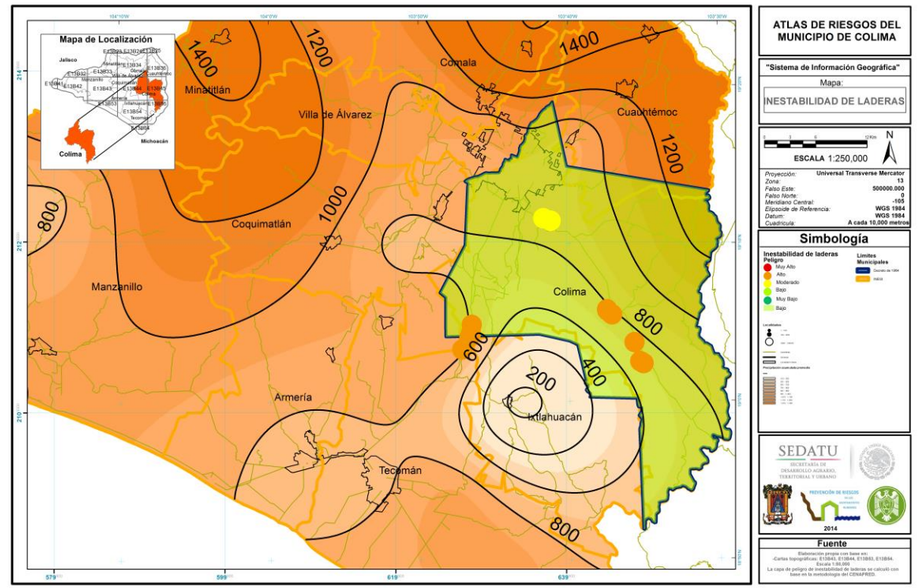


Figura 5.53.- Mapa de precipitaciones y red carretera.

5.4.4.6 Mapa de arroyos y ríos

Debido a la precipitación que se presenta año con año en el periodo de lluvias en el municipio de Colima y dadas las características topográficas que prevalecen en esta zona se producen una serie de escorrentías que contribuyen al desencadenamiento de este fenómeno de inestabilidad. La categorización se representa con el color correspondiente en el siguiente mapa.

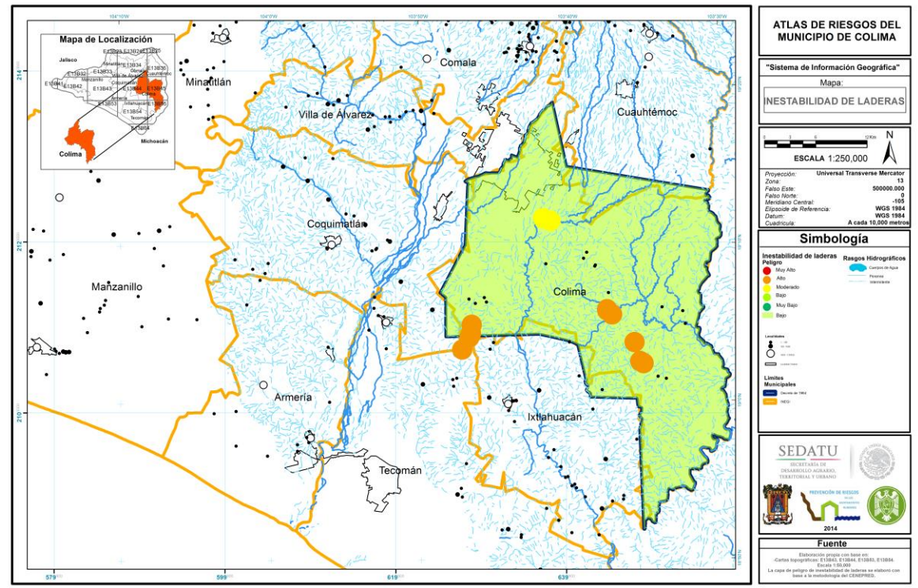


Figura 5.54.- Mapa de arroyos y ríos del municipio de Colima.

5.4.4.7 Mapa de litología con zonas de inestabilidad de laderas

El tipo de depósito que se encuentra sobre las zonas de alto riesgo en el municipio de Colima determina las zonas de riesgo por inestabilidad en función al tipo de litología que prevalece en cada localidad de estudio. Esta inestabilidad se incrementa con la presencia de otros factores como son lluvia, topografía, cobertura vegetal entre otros. La categorización se representa con el color correspondiente en el siguiente mapa.

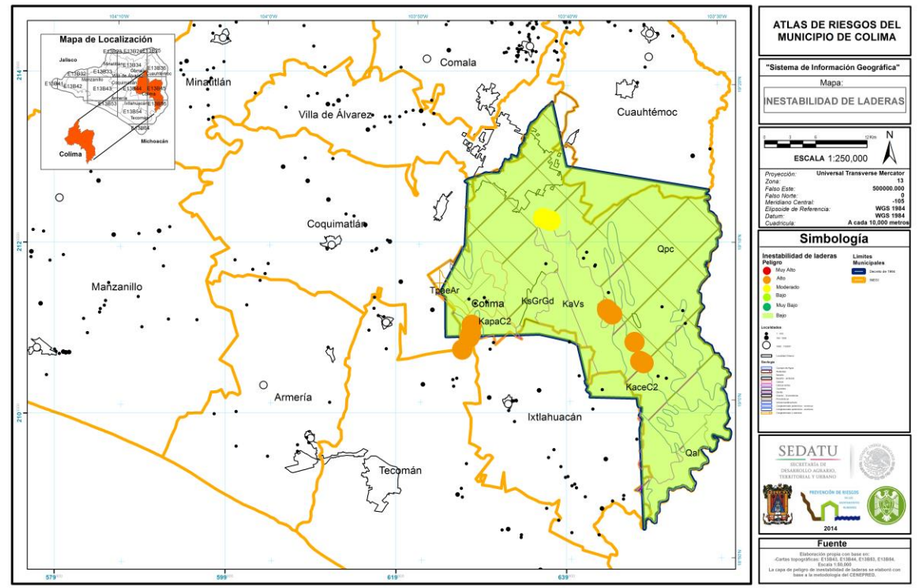


Figura 5.55.- Mapa de litología con zonas de inestabilidad de laderas.

5.4.4.8 Mapa de fallas y vías de comunicación

Por su ubicación tectónica el estado de Colima dentro de la estructura del graben de Colima y en donde se localiza especialmente el municipio de Colima se identifican una buena cantidad de fallas tanto normales como inversas como se puede apreciar en el siguiente mapa en el que se denotan las diversas fallas geológicas en el municipio de Colima. La categorización se representa con el color correspondiente en el siguiente mapa.

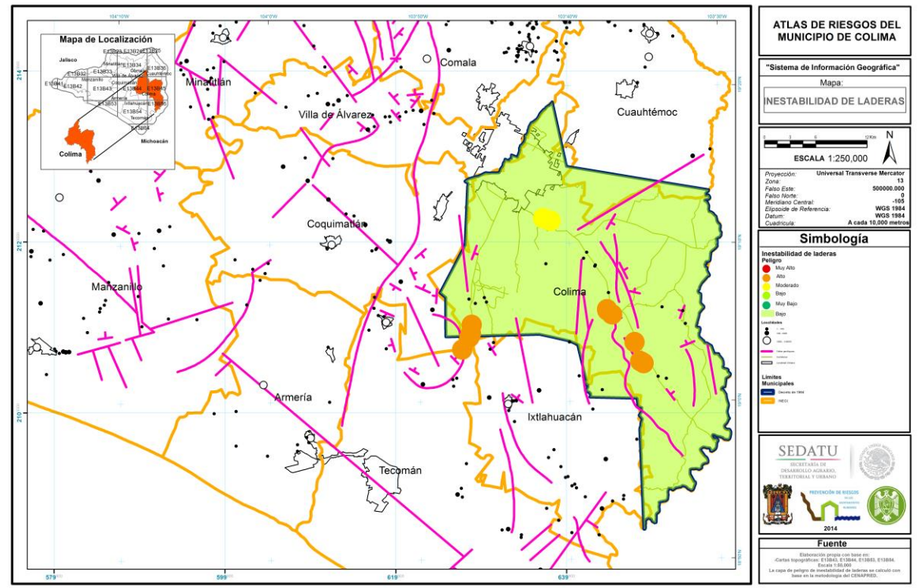


Figura 5.56.- Mapa de fallas y vías de comunicación.

5.4.4.9 Mapa de fallas y escorrentías

La combinación de factores como fallas y escorrentías es de gran importancia especialmente en época de lluvias dado que podrían combinarse ambos factores para generar el fenómeno de inestabilidad. La categorización se representa con el color correspondiente en el siguiente mapa.

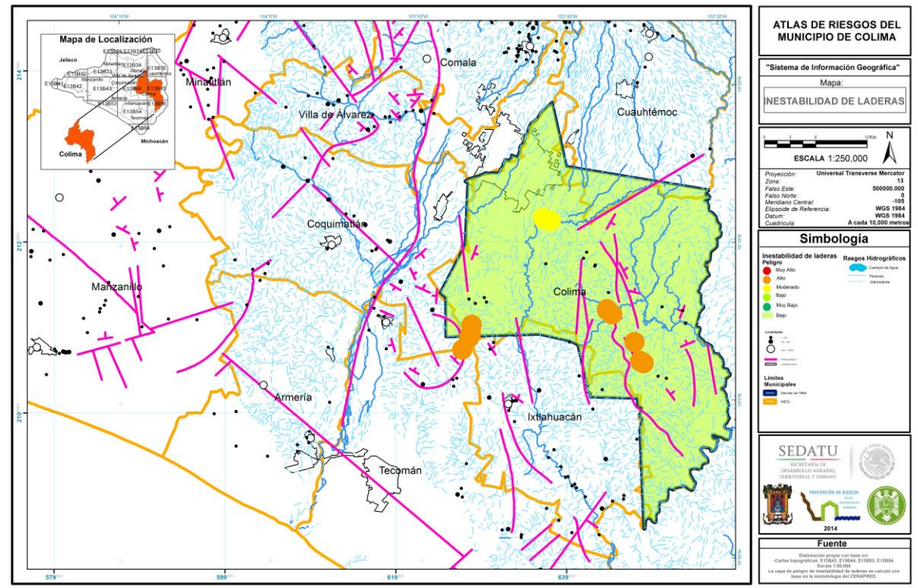


Figura 5.57.- Mapa de fallas y escorrentías.

5.4.4.10 Mapa de pendientes y geología

Sobre el municipio de Colima debido al tipo de depósitos litológicos que hay se puede apreciar que se genera un circulo virtuoso junto con el contraste topográfico para desencadenar la inestabilidad como se aprecia en el siguiente mapa en donde se localizan las zonas susceptibles a inestabilidad dentro del municipio. La categorización se representa con el color correspondiente en el siguiente mapa.

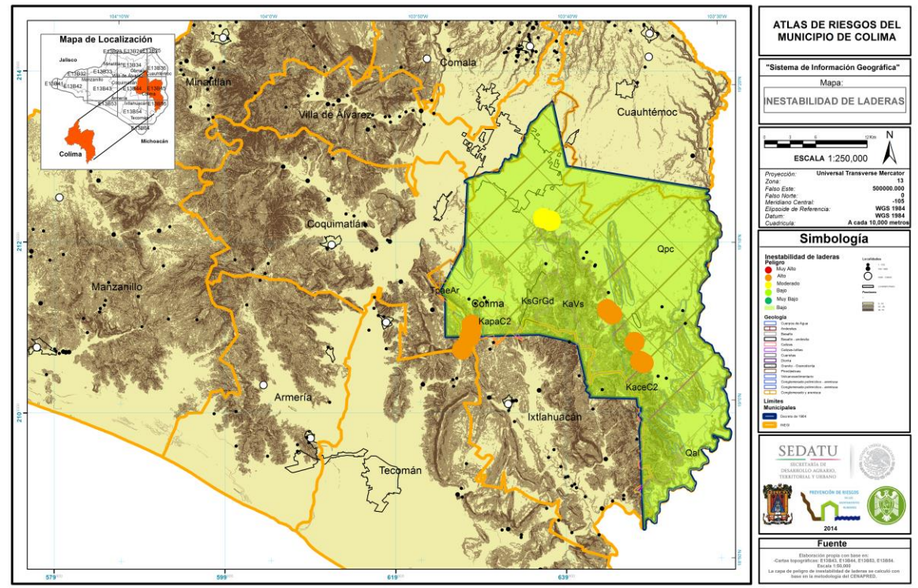


Figura 5.58.- Mapa de pendientes y geología.

5.4.4.11 Mapa de escorrentías y geología

Debido a que en el municipio de Colima prevalece un mosaico litológico con rocas sedimentarias y volcánicas, la erosión por escorrentías puede contribuir para la generación de este fenómenos de inestabilidad. La categorización se representa con el color correspondiente en el siguiente mapa.

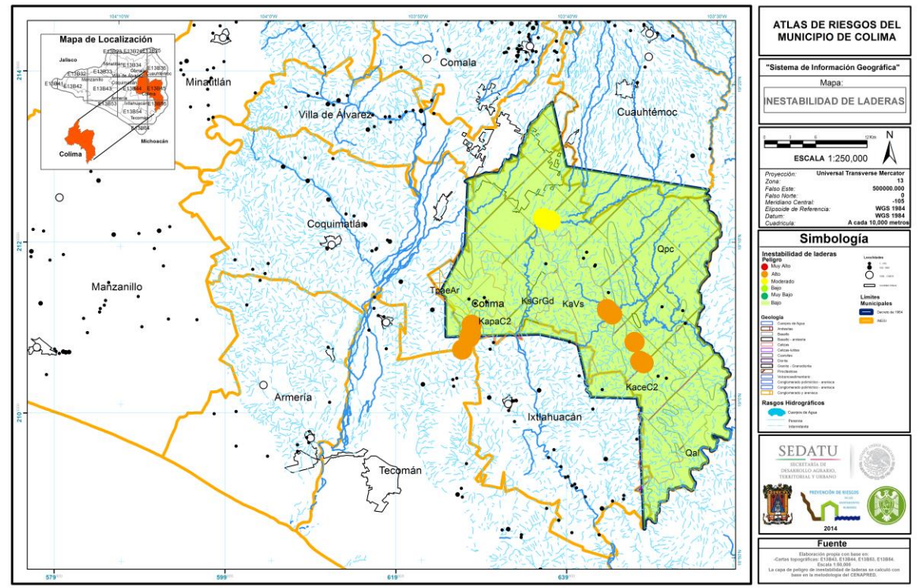


Figura 5.59.- Mapa de escorrentías y geología.

5.4.4.12 Mapa de Pendientes con Elevaciones

En las áreas en las que se tiene elevaciones mayores dentro del municipio de Colima las fuerzas gravitacionales contribuyen en forma positiva para generar desprendimientos de cuerpos de rocas que pueden desencadenar en inestabilidades de laderas, especialmente en combinación con otros factores como lluvia, tipo de cobertura vegetal por mencionar algunos de los factores representados con anterioridad, en el siguiente mapa se representan los cambios de pendientes en relación a las elevaciones que prevalecen en el municipio de Colima. La categorización se representa con el color correspondiente en el siguiente mapa.

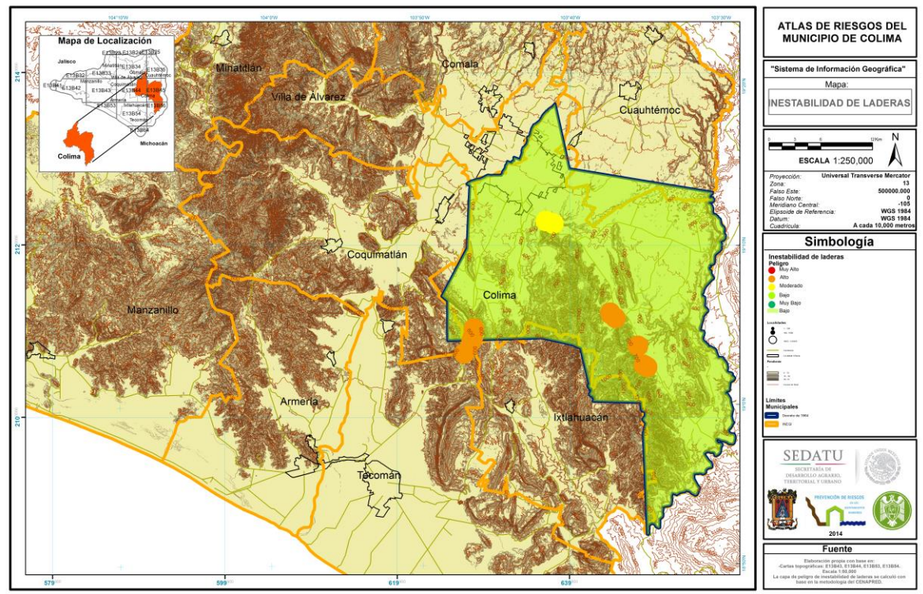


Figura 5.60.- Mapa de pendientes con elevaciones.

5.4.5 La vulnerabilidad

Para la determinación de la vulnerabilidad para las localidades de las áreas de estudio se consideró la vulnerabilidad física de las viviendas y su estructura, determinadas para el fenómeno físico de sismos e inundaciones, basados en la metodología del CENAPRED.

5.4.5.1 Memoria de cálculo utilizada para la vulnerabilidad

Los datos seleccionados para determinar el tráfico en las zonas de estudio se obtienen de Datos_Viales_2003_2013 por parte de la SCT.

Los datos correspondientes al tráfico vehicular en los sitios seleccionados para estudio en el municipio de Colima son: el Cerro la Cumbre, las localidades de Tepames y Tinajas, y las zonas seleccionadas de la Salada, localizadas sobre el tramo de la autopista, Colima-Ixtlahuacán.

5.4.5.2 Resultado del análisis

En el municipio de Colima, por las características presentados con los factores que contribuyen a la inestabilidad de laderas representados en los mapas anteriores se describe a continuación los sitios susceptibles a la ocurrencia de inestabilidad de laderas.

Vulnerabilidad por inestabilidad por deslizamientos de laderas en cerro la Cumbre

En esta localización tenemos afloramiento de rocas calizas y rocas clásticas sobre la vialidad que comunica la ciudad de Colima en dirección de la localidad de Tepames.

El tráfico vehicular que puede ser afectado en caso del fenómeno de deslizamiento por inestabilidad en pendientes se considera como un dato promedio, diario anual y que está representado por 2,096 vehículos que transitan por esta zona de estudio.

Si consideramos que en el estado de Colima existe un tráfico vehicular total de 80,582, si consideramos estos valores entonces la probabilidad de tráfico vehicular que podría ser afectado en esta zona de estudio está dado por 0.026 lo cual nos representaría un valor cuantitativo de vulnerabilidad para el Cerro la Cumbre en caso de ocurrencia de un fenómeno por deslizamiento por inestabilidad de laderas.

Vulnerabilidad en la localidad de Tepames

En esta localidad, se presentan contrastes topográficos que podrían originar inestabilidades en la presencia de grandes precipitaciones pluviales, en este punto de la comunidad la pendiente es pronunciada y en grandes avenidas pluviales en combinación con sismos podría ser causantes de inestabilidades por caídos o derrumbes. En la imagen se aprecian elevaciones topográficas y con un tipo de roca intrusiva que podría poner en riesgo tanto en deslizamiento como en inundación a las viviendas localizadas en esta parte de la comunidad.

Localidad Tepames (punto 1, 2 y 3)

Si se consideran el número de viviendas en la localidad de Tepames es de 540 y que son las que podrían ser afectadas por un fenómeno de grandes dimensiones debido a la inestabilidad. Estadísticamente no se tiene información de la ocurrencia de este fenómeno en estas zonas de estudio.

Si se considera el número de viviendas totales que existen en el municipio se tendría un valor de vulnerabilidad de 0.013.

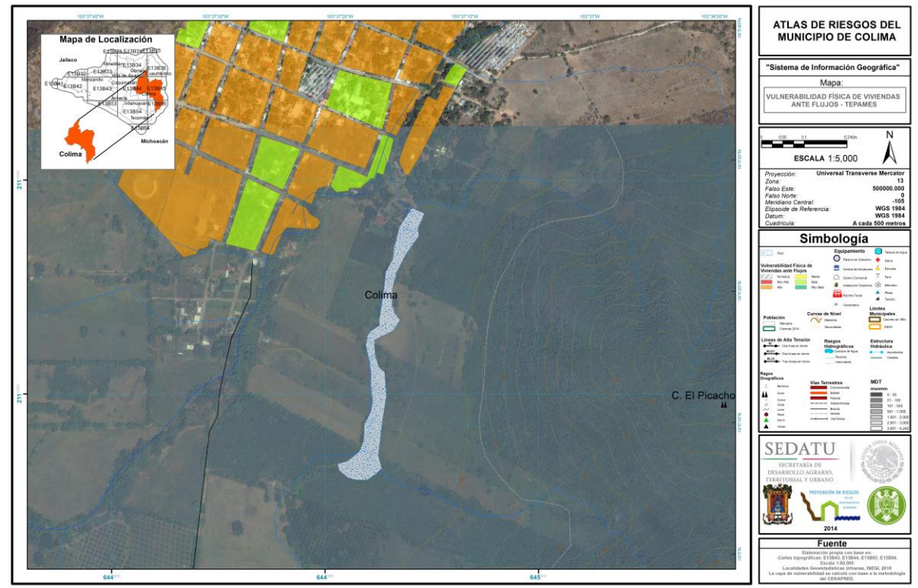


Figura 5.61.- Mapa de vulnerabilidad por manzana en la localidad de Los Tepames.

Localidad de Tinajas

Si se consideran el número de viviendas en la localidad de Tinajas es de 93 y que son las que podrían ser afectadas por un fenómeno de grandes dimensiones debido a la inestabilidad en pendientes. Estadísticamente no se tiene información de la ocurrencia de este fenómeno en estas zonas de estudio. Pero si se considerara el número total de viviendas que existen en el municipio de Colima (41,383) se tendría un valor de vulnerabilidad de 0.0022.

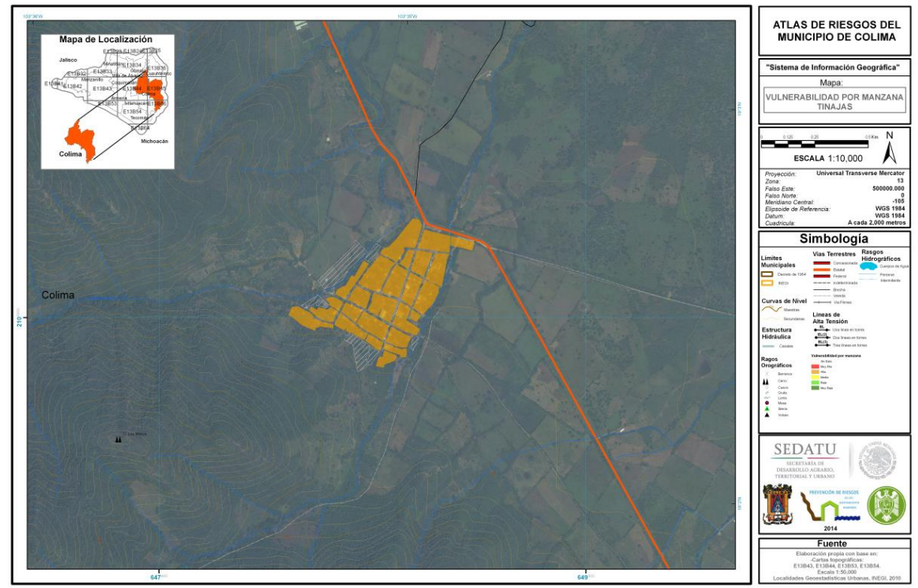


Figura 5.62.- Mapa de vulnerabilidad por manzana en la localidad de Tinajas.

Zona La Salada (punto 1, 2 y 3)

El tráfico vehicular que puede ser afectado en caso del fenómeno de deslizamiento por inestabilidad de laderas se considera como un dato promedio, diario anual y que está representado por 14,199 vehículos que transitan por esta zona de estudio. El total de vehículos que circulan por esta zona durante los 365 días fue de aproximadamente 5’111,640.

Según los datos de accidentes registrados y en los que no se puede diferenciar los accidentes ocasionados por deslizamiento debido a inestabilidad en pendientes, si se puede tomar un valor del número de accidentes registrados en el estado de Colima durante el año de 2011 que fueron 394 considerando el número total de vehículos que circulan por ese tramo durante el año se obtiene un valor de 0.000077 que representa un criterio para determinar el valor de la vulnerabilidad.

Ponderación de la vulnerabilidad.

Descripción de sitios utilizando la metodología del CENAPRED para cuantificar la inestabilidad de laderas en el municipio de Colima.

A continuación se describen los sitios estudiados en el municipio de Colima y que representan valores para la ponderación de la vulnerabilidad y que fue determinada en cinco categorías (Muy Baja, Baja, Media, Alta y Muy Alta). Esta categorización se basa en las determinaciones del CENAPRED y que fue utilizada para caracterizar cada localidad de estudio como se representa en el siguiente cuadro.

Tabla 5.46.- Cuantificación de vulnerabilidad por inestabilidad de laderas en el municipio de Colima.

Coordenadas Geográficas	Nombre	Cuantificación de Vulnerabilidad
19° 11’ 37.0” N, 103° 41’ 43.3” W	Cerro La Cumbre	(Peligro Bajo)
19° 05’ 44.4” N, 103° 37’ 28.7” W	Los Tepames (promedio)	(Peligro Alto)
19° 02’ 27.7” N, 103° 35’ 12.3” W	Tinajas	(Peligro Alto)
19° 04’ 54.0” N, 103° 46’ 32.3” W	La Salada (promedio)	(Peligro Alto)

5.4.6 El riesgo por deslizamientos de laderas

5.4.6.1 Metodología del riesgo por deslizamiento de laderas

El criterio para determinar el riesgo en esta zona de estudio, se determina mediante los criterios establecidos para el peligro y la vulnerabilidad analizados en zonas del Cerro la Cumbre y La Salada, y las localidades de Tepames y Tinajas.

5.4.6.2 Memoria de cálculo del riesgo por deslizamiento de laderas

Los valores determinados para el riesgo en el Cerro La Cumbre, Tepames, Tinajas y La Salada nos muestran valores representados en la Tabla 5.47 y por la Tabla 5.48. A continuación se describen los sitios representados con alto potencial de inestabilidad utilizando la metodología CENAPRED determinando valores para establecer las siguientes categorías.

Tabla 5.47.- Estimación del riesgo por inestabilidad de laderas.

Grado	Descripción	Riesgo = Peligro * Vulnerabilidad
1	Riesgo Muy Bajo	Muy Bajo * Muy Bajo
2	Riesgo Bajo	Bajo * Bajo (Muy Bajo)
3	Riesgo Moderado	Moderado * Moderado
4	Riesgo Alto	Alto * Alto (Moderado)
5	Riesgo Muy Alto	Muy Alto * Muy Alto (Alto)

5.4.6.3 Resultados del riesgo por deslizamiento de laderas

A continuación se describen los datos obtenidos con las ponderaciones para peligro y vulnerabilidad de los sitios de estudio en el municipio de Colima

Tabla 5.48.- Cuantificación del riesgo por inestabilidad de laderas en el municipio de Colima.

Coordenadas Geográficas	Nombre	Riesgo = Peligro * Vulnerabilidad
19° 11’ 37.0” N, 103° 41’ 43.3” W	Cerro La Cumbre	Moderado = Alto * Bajo
19° 05’ 44.4” N, 103° 37’ 28.7” W	Los Tepames (promedio)	Alto = Alto * Alto

Coordenadas Geográficas	Nombre	Riesgo = Peligro * Vulnerabilidad
19° 02’ 27.7” N, 103° 35’ 12.3” W	Tinajas	Alto = Alto * Alto
19° 04’ 54.0” N, 103° 46’ 32.3” W	La Salada (promedio)	Moderado = Alto * Bajo

5.4.6.4 Descripción de mapa de riesgo

El mapa que representan las pendientes Topográficas en el municipio de Colima describe algunas de las áreas susceptibles a deslizamientos debido a este contraste topográfico. Y en este mapa se representan algunas de esas zonas como son, en el Cerro la Cumbre, Tepames, Tinajas y La Salada. La categorización se representa con el color correspondiente en el siguiente mapa.

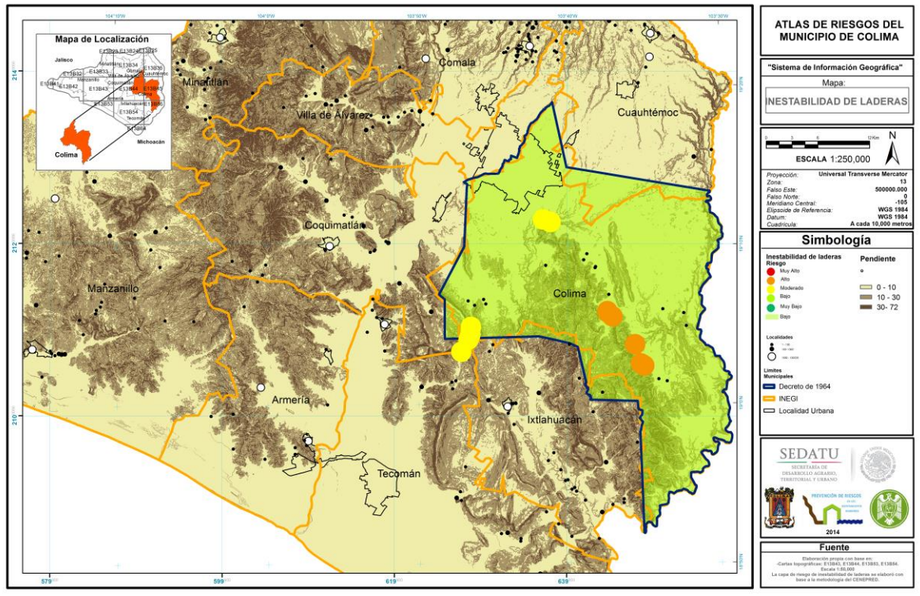


Figura 5.63.- Mapa de riesgo por inestabilidad de laderas en el municipio de Colima.

5.5 FLUJOS[160]

Los flujos son movimientos de suelos y/o fragmentos de rocas pendiente abajo de una ladera, en donde sus partículas, granos o fragmentos tienen movimientos relativos dentro de la masa que se mueve o desliza sobre una superficie de falla.

[160] Suárez Jaime. Deslizamientos. Tomo I; Análisis Geotécnico. p. 21-26. en: http://www.erosion.com.co/deslizamientos-tomo-i-analisis-geotecnico.html consultado el 2 de septiembre de 2014.

5.5.1 Peligro por flujos

Los flujos pueden ser de muy lentos a muy rápidos, así como secos o húmedos; pueden distinguirse:

a) Flujos de lodo: Masa de suelo y agua que fluye pendiente abajo muy rápidamente, y que contiene por lo menos 50% de granos de arena y limo, y partículas arcillosas.
b) Flujos de tierra o suelo: Masa de suelo y agua que fluye pendiente abajo muy rápidamente, y que contiene por lo menos 50% de granos de grava, arena y limo.
c) Flujos o avalancha de detritos: Movimiento rápido de una mezcla en donde se combinan suelos sueltos, fragmentos de rocas, y vegetación con aire y agua entrampados, formando una masa viscosa o francamente fluida que fluye pendiente abajo.
d) Creep o flujo muy lento: A diferencia de los casos anteriores, es un movimiento constante pero muy lento de suelos y rocas pendiente abajo, en el que no se define con precisión la superficie de falla.
e) Lahar: Flujo de suelos o detritos que se origina en las laderas de un volcán, generalmente disparado por lluvias intensas que erosionan depósitos volcánicos, deshielo repentino por actividad volcánica, o bien por rotura o desbordamiento de represas de agua.

5.5.1.1 Activación de los flujos

La activación de flujos puede estar relacionada con los siguientes factores:
Las lluvias. La saturación de los materiales sub superficiales puede convertir el suelo en un fluido viscoso. Algunos suelos como los materiales volcánicos, absorben agua muy fácilmente cuando son alterados, fracturados o agrietados por un deslizamiento inicial y esta saturación puede conducir a la formación de un flujo.

Para que ocurra un flujo se puede requerir un determinado volumen de agua presente. Se han realizado estudios para cuantificar el nivel de lluvias que se requieren para producir flujos y es frecuente la ocurrencia de flujos (simultáneamente en sitios diferentes) dentro de una misma formación en el momento de una lluvia de gran intensidad o de un evento sísmico.

El deshielo de nevados. El deshielo de los nevados puede activar flujos de materiales volcánicos, conocidos con el nombre de “Lahares”.

Los sismos. Los eventos sísmicos pueden generar un desprendimiento generalizado de bloques de roca que podrían terminar en un flujo. Igualmente, la licuación de los suelos puede terminar en flujos de suelo o lodo.

La alteración de suelos sensitivos. Algunos flujos resultan de la alteración de suelos muy sensitivos, tales como los sedimentos no consolidados. Las arcillas de origen marino son generalmente muy sensitivas.

El lavado de la sal, facilita el colapso de la estructura de la arcilla y la formación de flujos, por la infiltración de agua.

Los deslizamientos en zonas de alta pendiente. Al presentarse un deslizamiento de traslación o de rotación en una ladera de alta pendiente, existe la tendencia a la formación de un flujo al adquirir velocidad las masas de suelo desprendidas. Con frecuencia se unen varios deslizamientos para conformar un flujo de gran magnitud.

La velocidad de los flujos. Los flujos pueden ser lentos o rápidos, así como secos o húmedos y los hay de roca, de residuos, de suelo o tierra. Los flujos muy lentos (o extremadamente lentos) se asimilan en ocasiones, a los fenómenos de reptación. En los flujos existe una superficie fácilmente identificable de separación entre el material que se mueve y el subyacente, mientras en la reptación, la velocidad del movimiento disminuye al profundizar en el perfil, sin que exista una superficie definida de rotura.

5.5.1.2 Tipos de Flujo

Los flujos se clasifican de acuerdo con las características del material deslizado.

Flujos de bloques de roca. Los flujos de bloques de roca están compuestos por bloques y cantos de roca, con o sin presencia de materiales finos. Las pendientes de estos taludes comúnmente son muy empinadas (más de 45º).

Inicialmente, se presentan como caídos o deslizamientos, rápidamente evolucionan y se transforman a flujos o avalanchas. La pendiente de los flujos es generalmente superior a 20% y es común que haya pendientes de más de 100%.

Su presencia es común tanto en las rocas ígneas y metamórficas muy fracturadas, como en las rocas sedimentarias con ángulos fuertes de buzamiento de los planos de estratificación. En las rocas ígneas o metamórficas, los flujos pueden estar precedidos por fenómenos de inclinación y en las rocas metamórficas por desplazamientos de traslación a lo largo de los planos de estratificación. Los flujos de roca de mayor magnitud, generalmente se presentan en las rocas sedimentarias (Geertsema *et al*, 2006).

Para la formación de grandes flujos de bloques de roca, se necesita que haya planos importantes de debilidad en el macizo rocoso, tales como intercalaciones de areniscas y lutitas además de fallas geológicas cercanas, con aferencias importantes de roca fracturada, para lo cual se requieren alturas importantes y pendientes grandes de la superficie del talud. A mayor altura y/o pendiente, la velocidad de los flujos de roca es mayor. El tamaño de los bloques depende de los patrones de fracturación del macizo de roca.

Se observa la relación de los flujos en roca con perfiles de meteorización poco profundos en los cuales las fallas están generalmente relacionadas con cambios de esfuerzos y lixiviación, ocasionados por la filtración momentánea del agua en las primeras horas después de una lluvia fuerte.

Los flujos de bloques de roca ocurren con mucha frecuencia en las zonas tropicales de alta montaña y poca vegetación, como en la cordillera de los Andes. Estos flujos tienden a ser ligeramente húmedos y su velocidad va de rápida a muy rápida. La distribución de velocidades simula la de los líquidos viscosos.

Flujos de residuos (detritos). Los flujos de residuos o de detritos son movimientos relativamente rápidos que llegan a ser extremadamente rápidos y están compuestos de materiales gruesos con menos del 50% de finos. Por lo general, un flujo de rocas termina en uno de residuos.

Los materiales se van triturando por el mismo proceso del flujo y se observa una diferencia importante de tamaños entre la cabeza y el pie del movimiento.

Los flujos de escombros o de detritos, generalmente contienen partículas de diferentes tamaños, árboles y material vegetal, así como diversos objetos arrastrados por el flujo.

El movimiento de los flujos de detritos se activa con las lluvias, debido a la pérdida de resistencia por la disminución de la succión al saturarse el material o por el desarrollo de fuerzas debidas al movimiento del agua subterránea (Collins y Znidarcic, 1997). Los daños causados por los flujos de detritos abarcan áreas relativamente grandes.

El flujo típico de detritos es una onda larga de materiales sólidos y líquidos entremezclados, que corre, en forma constante, a través de un canal con algunas ondas menores superpuestas que se mueven a velocidades superiores a aquellas del flujo mismo.

Los movimientos se inician a velocidades moderadas y aumentan a medida que descienden por la ladera o cauce. Al aumentar la velocidad, va arrastrando materiales y objetos de diferentes tamaños. Cuando el canal es más pequeño que el flujo, se forman ondas horizontales o depósitos laterales a los lados del canal.

Flujo de suelo o tierra. Los flujos de tierra son movimientos de materiales con más del 50% de finos y su consistencia es líquida. Se inician comúnmente como desplazamientos de rotación o traslación y al acumularse los suelos sueltos abajo del pie del deslizamiento, éstos fluyen sobre la ladera. Los flujos de tierra son rápidos o lentos, de acuerdo con la humedad y la pendiente de la zona de ocurrencia. En las zonas de alta montaña y en las desérticas, se presentan flujos muy secos, por lo general pequeños pero de velocidades altas.

Flujos de lodo. En los flujos de lodo se habla de viscosidad propiamente dicha, llegando al punto de hablar de suelos suspendidos en agua. Los flujos de lodo alcanzan velocidades muy altas y poseen grandes fuerzas destructoras, las cuales dependen de su caudal y velocidad.

Un flujo de lodo posee tres unidades morfológicas: un origen que generalmente es un deslizamiento, un camino o canal de flujo y finalmente, una zona de acumulación.

El origen consiste en una serie de escarpes de falla o desplazamientos de rotación o traslación; el camino o canal es un área estrecha, recta o una serie de canales a través de los cuales fluye el material viscoso. La anchura, profundidad y pendiente del camino del flujo, varía de acuerdo con las condiciones topográficas y morfológicas. La zona de acumulación es un área de menor pendiente en la cual el flujo pierde velocidad y forma un ábanico de depósito.

5.5.2 *Metodología*

5.5.2.1 Densidad del flujo

La densidad del flujo se mide mediante el porcentaje en peso, de los sedimentos en relación con el agua. Por ejemplo, 30% de sedimentos equivalen al 30% del peso total del agua correspondiente a los sedimentos. Si el porcentaje del peso en los sedimentos es mayor del 80%, se produce flujo de detritos o de lodos. Si el porcentaje es menos del 80% pero mayor del 40%, se produce flujo híper-concentrado de sedimentos.

Si el porcentaje es menor del 25%, se produce flujo de agua. Igualmente, se debe tener en cuenta el peso unitario total de la mezcla: si el peso unitario es más de 2.0 kg/m^3, el flujo corresponde al de una pasta granular y si es menor de 2.0, corresponde a un comportamiento más viscoso y fluido (Hutchinson, 1988).

5.5.3 *Análisis de flujos en el municipio de Colima*

El huracán “Jova” azotó la costa de Colima el día 12 de octubre de 2011, como huracán de categoría II, con vientos máximos sostenidos de 160 km/h y rachas de 195 km/h. Se reportaron lluvias máximas puntuales en 24 horas de 374.4 mm en Coquimatlán, Col.; Colima Costeño 313.6 mm, Estación Peñitas 336.5 mm y Estación Cuauhtémoc 208 mm. La ciudad de Colima resultó severamente afectada al desbordarse los ríos que cruzan la ciudad, colapsando cinco puentes urbanos, provocando la inundación de varias colonias. En este acontecimiento se presentó un flujo de lodo en la Av. San Fernando a un costado de las Instalaciones de IMSS a causa de la inundación.

5.5.4 Vulnerabilidad

La metodología para definir la vulnerabilidad de la vivienda en localidades rurales, a nivel de predio, se basa en la inspección física de cada una de las viviendas que conforman la localidad en estudio ante la ocurrencia de un flujo. Aunque las ideas usadas en una y otra metodología son similares, la principal diferencia consiste en que la primera (para zonas rurales) determina la vulnerabilidad para cada vivienda mediante una inspección física de la misma, en cambio para la segunda (para zonas urbanas) la vulnerabilidad se obtiene a través de la información del Censo General de Población y Vivienda (CGPV) y, dependiendo de la información cartográfica que se tenga, puede plasmarse a nivel de vivienda, manzana o área geoestadística básica (AGEB)[161].

Los materiales usados para la construcción de una vivienda representan una variable muy importante en la estimación de la vulnerabilidad de ésta. Por ello, debemos tomar en consideración los diferentes tipos de materiales que se utilizan y posteriormente, las combinaciones que resultan entre los materiales de construcción usados en los muros o en el techo de la vivienda serán tipificadas y evaluadas en función de su comportamiento ante un flujo. Para mayor detalle puede consultarse el Anexo C de este trabajo.

En la Figura 5.64 podemos apreciar que la vulnerabilidad física de las viviendas evaluadas en las cercanías del Río Colima es Media y Alta ante el impacto de flujos en la zona estudiada. Mientras que en la localidad de Los Tepames la vulnerabilidad física de las viviendas ante el impacto de un flujo en esta comunidad es Alta y Baja (Figura 5.65).

[161] CENAPRED (2011). Elaboración de mapas de riesgo para inundaciones y Avenidas Súbitas.

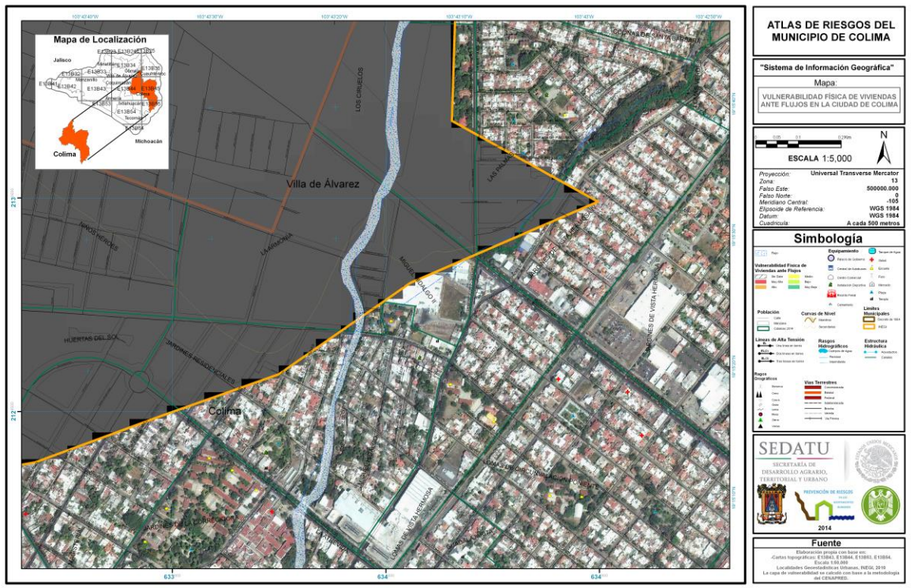


Figura 5.64.- Vulnerabilidad física de viviendas ante flujos en la ciudad de Colima.

Figura 5.65.- Vulnerabilidad física de viviendas ante flujos en la localidad de Los Tepames.

En la Figura 5.66 se muestra que la vulnerabilidad física de viviendas ante flujos en la localidad Tinajas es Alta.

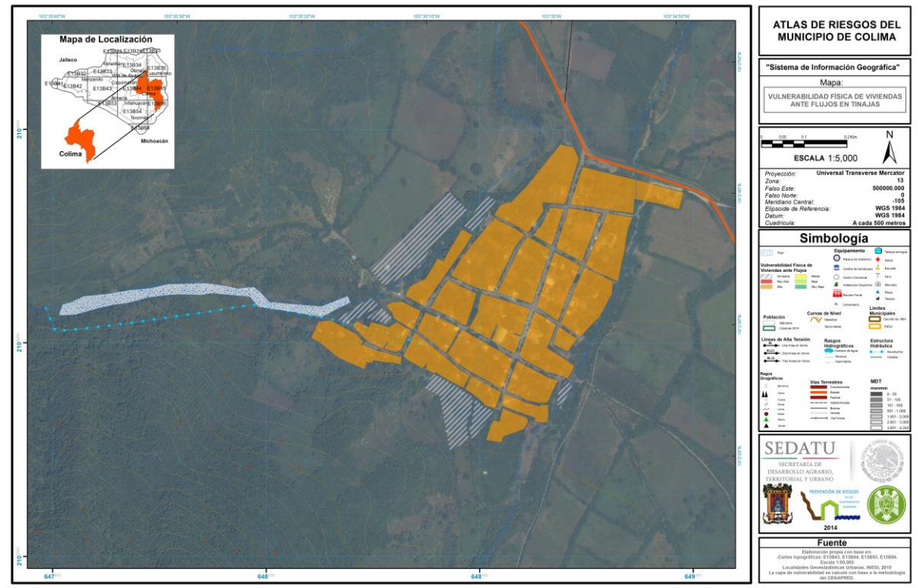


Figura 5.66.- Vulnerabilidad física de viviendas ante flujos en la localidad de Tinajas.

5.5.5 Riesgo

La elaboración de los mapas de riesgo (R) por flujo en localidades urbanas se llevará a cabo con los mapas de Peligro (P) y de vulnerabilidad (V). Es importante comentar que el parámetro seleccionado para estimar el riesgo por inundaciones es el tirante. Esto significa que los daños esperados dependen del tirante de la inundación y, al mismo tiempo, el riesgo R(i) es a su vez función de la vulnerabilidad V(i) y del peligro P(i),

El mapa de riesgo por flujo permite zonificar la localidad con la finalidad de:

- Identificar las zonas críticas para cuantificar el daño potencial, desde el punto de vista de inundaciones.
- Al proyectar cualquiera de las medidas de protección, ya sean estructurales o institucionales, estar en posibilidad de llevar a cabo un análisis costo beneficio (comparando los costos de la solución proyectada vs. los daños potenciales.
- En muchos casos es inminente la necesidad de obras de protección; sin embargo, la falta de presupuesto hace que la construcción de este tipo de obras se postergue indefinidamente. Ante esto, un sistema de monitoreo en tiempo real que le permita a las autoridades conocer cuándo y dónde evacuar a la población y resguardar algunos de sus bienes, es de suma utilidad.

En la Figura 5.67 se muestra el mapa donde se muestra el cauce del Río Colima por donde pueden ocurrir flujos en la zona urbana del municipio de Colima. Este cause se encuentra a unos metros de uno de los principales hospitales del municipio de Colima el cual ya ha sido afectada en eventos pasados por desbordamiento de ríos y flujos.

Otro sitio donde históricamente han ocurrido flujos es en la comunidad de Los Tepames a las afueras del pueblo hacia el sur del mismo. Este flujo puede afectar de sur a norte las viviendas que se encuentran ubicadas a las orillas del pueblo. (Figura 5.68)

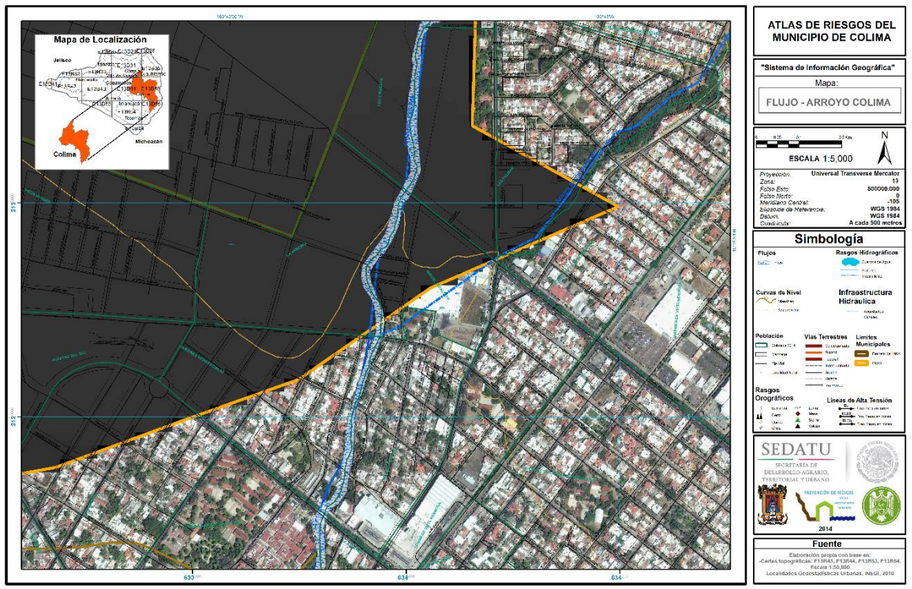


Figura 5.67.- Mapa por flujos en la zona urbana de Colima.

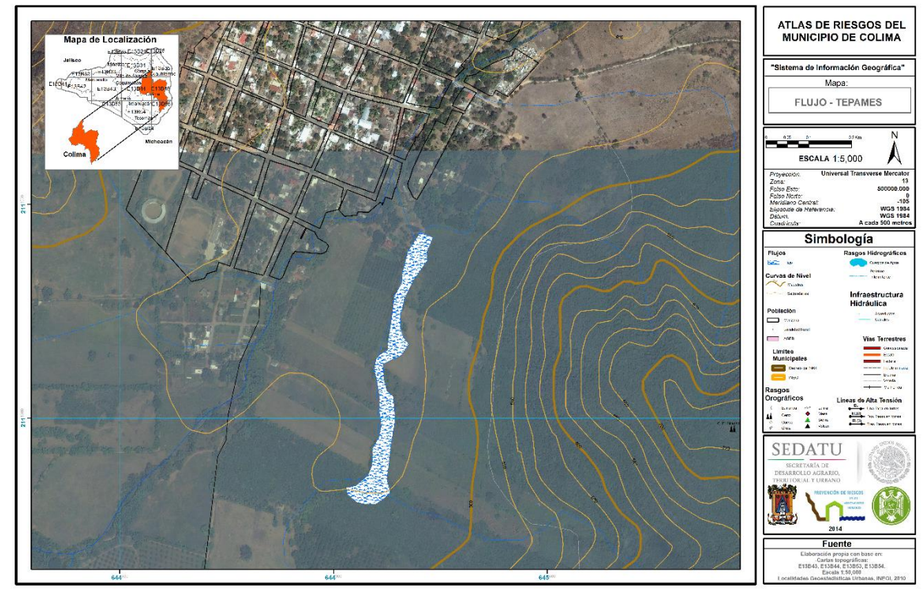


Figura 5.68.- Mapa por flujos en la localidad Los Tepames.

El oeste de la localidad de Tinajas es vulnerable ante la ocurrencia de flujos (Figura 5.69).

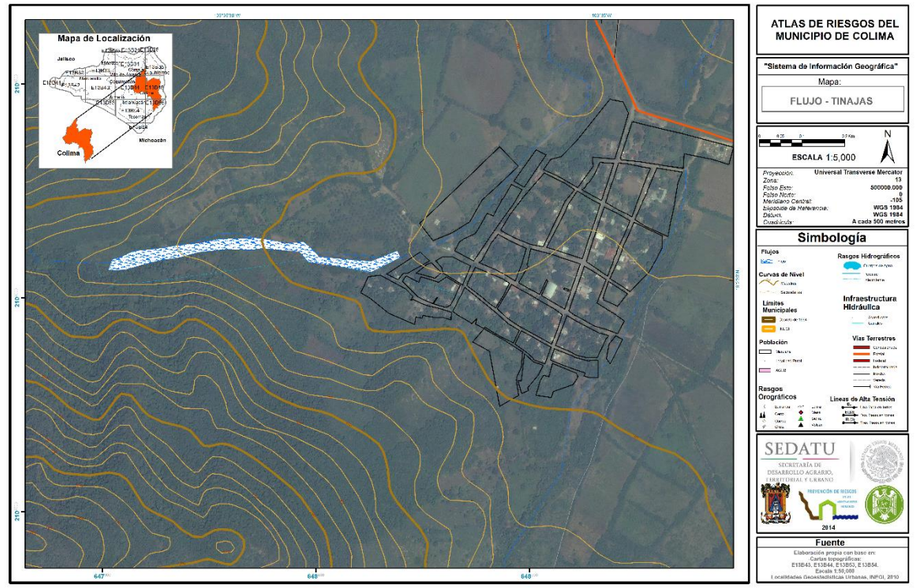


Figura 5.69.- Mapa por flujos en la localidad de Tinajas.

5.6 CAÍDOS O DERRUMBES[162]

Los bloques de roca que se sueltan de la fachada de un talud y caen por caída libre, a golpes o rodando son una amenaza muy importante, especialmente en vías de comunicación. Generalmente, los caídos se inician por un cambio en las fuerzas que actúan sobre un bloque o una masa de roca, estos cambios de fuerzas están asociados con fenómenos climáticos, eventos biológicos o actividades de construcción.

5.6.1 Causas de los Caídos

Los tipos de eventos que producen caídos son los siguientes:

- Incremento de la presión de poros en las juntas debido a la lluvia
- Cambios de temperatura
- Descomposición química de la roca en los climas tropicales húmedos
- Crecimiento de las raíces dentro de las juntas
- Movimiento del viento

[162] Suárez Jaime. Deslizamientos. Tomo II; Técnicas de Remediación. p.334-338. en: http://www.erosion.com.co/deslizamientos-tomo-ii-tecnicas-de-remediacion.html. Consultado el 2 de septiembre de 2014.

- Vibraciones debidas a actividades de construcción o voladuras
- Sismos

Las actividades de construcción aumentan en forma importante la posibilidad de caídos de roca de un macizo rocoso.

5.6.2 Factores que afectan la dinámica del Caído

Los factores más importantes que controlan la trayectoria de caído de un bloque de roca son la geometría del talud y el tipo de superficie de este talud. Algunos taludes actúan como salto de esquí y generan velocidades horizontales muy significativas en el bloque de roca, aumentando en forma importante la amenaza sobre la vía.

Las superficies de fachada de talud muy limpias son peligrosas, debido a que tienen un alto coeficiente de restitución y por lo tanto, no retardan el movimiento del bloque que cae.

Por el contrario, los taludes de materiales sueltos o gravas tienen un bajo coeficiente de restitución y absorben una cantidad considerable de energía y en algunos casos pueden incluso parar este movimiento.

Como la geometría y el coeficiente de restitución de la superficie del talud son los factores principales que controlan el movimiento de los bloques, se han podido desarrollar modelos que representan en forma relativamente precisa el movimiento de los bloques.

Otros factores tales como tamaño y forma del bloque, características, fricción de la superficie de la roca y posibilidad de que el bloque se rompa o no; tienen también importancia en la magnitud de la amenaza. Los factores más significativos son la geometría y el coeficiente de restitución.

Los eventos de caídos de roca originados de un mismo sitio pueden comportarse en forma diferente, de acuerdo a la interrelación entre estos factores.

Geometría del talud. De los factores geométricos la pendiente del talud se considera crítica porque define la aceleración y desaceleración de los bloques de roca.

La longitud del talud determina la distancia sobre la cual la roca acelera y desacelera. Otro factor importante es la interacción entre las irregularidades de la superficie del terreno con el bloque de roca. Estas irregularidades afectan la variabilidad de los eventos.

El efecto de las irregularidades es el de alterar el ángulo con el cual la roca impacta la superficie del talud y es precisamente ese ángulo de impacto el que, a la larga, determina el carácter del salto.

Coeficientes de restitución y de fricción. Mientras los mecanismos primarios son la resistencia al deslizamiento y a la fricción de giro, la elasticidad del talud determina el movimiento normal al talud. Para determinar los nuevos componentes de la velocidad después del impacto de la roca, se requieren nuevos coeficientes normales y tangenciales.

Cuando una roca impacta sobre el talud se pierde energía cinética, debida a los componentes inelásticos de la colisión y la fricción.

Las propiedades de la superficie del talud afectan el comportamiento del salto de un bloque de roca. Las representaciones numéricas de estas propiedades se han denominado coeficiente de Restitución (Rn) y coeficiente tangencial de resistencia a la fricción (Rt), donde la dirección normal es perpendicular a la superficie del talud y la dirección tangencial es paralela a esta superficie.

Tamaño de los bloques. Como los bloques más grandes de roca tienen mayor momentum, es menos probable que se afecten por las irregularidades del terreno. Por la razón anterior, los bloques de mayor tamaño se desplazan en mayores longitudes que los bloques pequeños.

Forma de los bloques. Otro factor importante es la forma de los bloques de roca. La forma de la roca afecta la distribución de los bloques en forma similar que la rugosidad de la superficie del talud. Igualmente la forma de la roca también influye sobre la parte de energía que es de traslación y la que es de rotación.

Fragilidad de la roca. Una propiedad crítica de la roca es su fragilidad, la cual determina si el bloque se va a romper en el impacto. La fragmentación de la roca disipa una gran cantidad de energía y disminuye el tamaño individual de los bloques. El tamaño de la roca tiene una relación directa con la energía cinética y el momentum.

5.6.3 Metodología

5.6.3.1 Investigación de la historia de desastres y reconocimiento de campo

La recopilación de documentos o informes sobre deslizamientos ocurridos en el pasado son de gran ayuda ya que proveen información sobre las causas y consecuencias de los deslizamientos.

Con esta información es posible reconstruir la relación entre los factores internos y las posibles causas naturales, o factores externos, que dispararon los deslizamientos. Ello permitirá tomar en cuenta dichos factores para la determinación de posibles áreas de deslizamientos en el futuro.

La recopilación de información es valiosa, toda vez que permite la creación de un inventario que puede ser organizado por: localización del fenómeno, fecha de ocurrencia, tipo y extensión del deslizamiento, intensidad de lluvia o magnitud del sismo, etc. La información en hemerotecas, y de manera destacada la que provean de primera mano los habitantes de una localidad, será muy valiosa para la estimación del peligro.

Como una fuente y punto inicial de información muy valiosa deben citarse las cartas topográficas y geológicas con escala de 1:50,000 que dispone el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, INEGI, de todo el territorio nacional. La sobre posición de esta información proporciona elementos que conjugan los factores internos principales condicionantes de la estabilidad de una ladera; estos son, por una parte las alturas y pendientes de las laderas, y por la otra los geo-materiales que constituyen las laderas, así como las discontinuidades que presentan.

Debe sin embargo considerarse que la descripción geológica no es suficiente, por lo que más adelante se presentan algunas ideas de los atributos geotécnicos que deben investigarse.

El uso de planos topográficos recientes permite observar la forma de la superficie del terreno identificando los accidentes topográficos, o posibles movimientos de tierra ocasionados por acciones humanas o por causas naturales. De esta manera es posible identificar los aspectos geomorfológicos de la zona de estudio y sus condiciones de drenaje, lo cual da una idea del tipo de materiales que se pueden encontrar en el sitio; se recomienda que los mapas topográficos sean de una escala entre 1:2,000 y 1:10,000. Por otra parte, las fotografías aéreas siempre serán valiosas para identificar casi puntualmente la existencia de antiguos deslizamientos y las zonas susceptibles a dicho problema. Por ello será deseable contar con mosaicos de fotografías aéreas, las que vistas con estereoscopio, proporcionan una visión tridimensional con la que pueden juzgarse zonas propensas al deslizamiento. El desarrollo de nuevos asentamientos humanos y los cambios geomorfológicos de una zona son fáciles de identificar con estos medios.

5.6.3.2 Rasgos geológicos y geomorfológicos que propician inestabilidades para desprendimiento de rocas

Los caídos o derrumbes en nuestro país ocurren con gran frecuencia en suelos residuales y durante periodos de lluvias intensas. Los suelos residuales son aquellos materiales producto de la descomposición química de las rocas, resultado del intemperismo provocado por el clima; se trata de geomateriales no transportados, disgregables o de consistencia blanda que se mantienen en el mismo sitio en que fueron modificados a partir de la roca original. Con frecuencia exhiben incluso la misma apariencia que la roca original. Amplias zonas del territorio nacional están cubiertas con suelos residuales, destacando las localizadas en la vertiente del Golfo de México y en las porciones sureste y sur de la vertiente del Pacífico; en ellas pueden distinguirse estos suelos de colores rojizos.

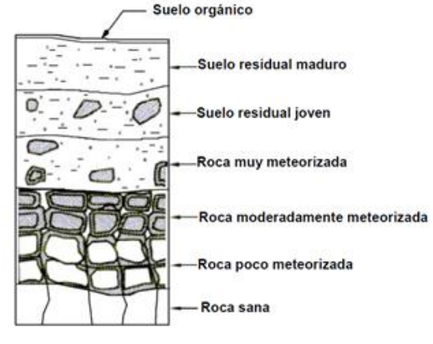


Figura 5.70.- Perfil de alteración de un suelo residual y de la roca basal.

El grado de alteración y la extensión a la que la estructura original de la masa de roca se destruye o meteoriza varía con la profundidad. Se da lugar así a perfiles de alteración que comprenden materiales con propiedades mecánicas muy diferentes desde aquellas propias de la roca franca que se encuentra a profundidad, hasta las de suelo completamente intemperizado o alterado, o simplemente residual, que se observa en la superficie del terreno. No es de extrañarse entonces, que con frecuencia las superficies de deslizamiento en materiales residuales se ubiquen relativamente cerca y paralelas a la superficie del terreno, como ocurrió en el deslizamiento de Teziutlán, Puebla.

Tabla 5.49.- Identificación de rasgos característicos que indican la posibilidad de un deslizamiento.

Rasgos característicos	Rasgos característicos Interpretación
Salientes, hendiduras y agrietamientos en la parte alta (corona) de una ladera.	Son causados por deslizamientos previos, o son signo de deslizamientos futuros.
Taludes con una superficie empinada o irregular.	Atestiguan los remanentes de depósitos de un deslizamiento ocurrido en el pasado; éstos tienen un potencial alto para convertirse en un flujo o avalancha.
Depresiones en cualquier zona de una ladera.	Generalmente están cubiertas por acumulaciones de suelos colectando agua superficial. En la corona de una ladera, las depresiones dibujan el contorno de una posible escarpa de falla.
Taludes con filtraciones de agua.	Éstas pueden estar influenciadas por agua proveniente del interior de la ladera, incluso resultado de fenómenos tales como tubificación y erosión interna.
Taludes con bloques rocosos o muchos cantos rodados.	Ante pendientes fuertes y con echados favorables, tienen un alto potencial para generar caídos de roca.
Presencia o ausencia de vegetación.	Los cambios bruscos de vegetación pueden estar asociados a la presencia o ausencia de agua en la ladera, la que influye en las propiedades mecánicas del terreno; o bien, una discontinuidad tal como una grieta o falla que favorezca una inestabilidad.
La inclinación de árboles o cercas (en el sentido del movimiento) ubicadas en el cuerpo de una ladera.	Indican un movimiento pendiente abajo de un espesor de materiales propensos a la falla; usualmente estos movimientos son lentos.
Agrietamientos en banquetas, muros y pisos de zonas urbanas desarrolladas en cañadas, cerros o montañas.	Indican el movimiento y la posibilidad de falla de una ladera, la cual puede ser acelerada por las fugas en los sistemas de drenaje y de abastecimiento de agua.

Las características principales de los materiales residuales son: a) usualmente muy heterogéneos, lo que los hace difíciles de muestrear y ensayar; b) se encuentran casi siempre en una condición no saturada, esto es que sus poros contienen no sólo agua sino también aire; y c) invariablemente tienen altas permeabilidades, lo que determina que sus propiedades sean particularmente sensibles y de una respuesta muy rápida a las influencias hidráulicas externas. Sin embargo, debe advertirse que los deslizamientos no sólo ocurren en suelos residuales, sino que incluso suceden en formaciones rocosas, como resultado de una variedad de causas, por lo que en el campo deberán distinguirse las características indicadas en la Tabla 5.49, que son síntomas de inestabilidad de laderas.

5.6.3.3 Un criterio simple para identificar la amenaza de caídas

A reserva de abordar la estimación del peligro de deslizamiento de manera más formal, se exponen en la Tabla 5.50 unos primeros criterios que permiten establecer el grado de amenaza al deslizamiento, que podrían ofrecer diversos tipos de laderas. En lo que resta de esta sección, se distinguen con mayor detalle cada uno de los factores que influyen en el problema, asignándoles una calificación relativa a cada uno de ellos.

Tabla 5.50.- Grados de amenaza en laderas.

Amenaza	Tipo de ladera
Muy alta	Laderas con agrietamientos, escarpas o salientes. Suelos muy alterados, sueltos y/o saturados. Presencia de discontinuidades desfavorables. Antecedentes de deslizamientos en el área o sitio. Ladera deforestada. Alta Laderas que exhiben zonas de falla. Meteorización de Moderada Alta. Posee discontinuidades desfavorables, donde han ocurrido deslizamientos. Ladera deforestada.
Moderada	Laderas con algunas zonas de fallas. Formaciones rocosas con alteración y agrietamientos moderados. Sin antecedentes de deslizamientos en el sitio o región.
Baja	Laderas en formaciones rocosas con alteración de baja a moderada. Planos de discontinuidades pocos favorables al deslizamiento. Ladera sin deforestación. Capa de suelos compactos de poco espesor.

5.6.3.4 Proceso para la estimación del peligro

En la tarea de estimar el riesgo por deslizamiento y tomar medidas para reducirlo participan dos grupos de personas: los analistas o consultores geotécnicos o geológicos, quienes definen la amenaza y el peligro, y los que toman decisiones (Protección Civil, dueños, administradores y políticos) quienes implementan las acciones relativas a la administración del riesgo. Con frecuencia se tienen problemas de comunicación entre estos dos grupos, como resultado de su diferente base de conocimientos y profesión, así como por su particular enfoque y perspectiva. Usualmente cada grupo percibe de manera diferente los beneficios potenciales y las responsabilidades dentro de un estudio de riesgos. Tradicionalmente, la práctica de estimar el peligro y el riesgo por deslizamientos recae en el grupo de profesionales de ciencias de la tierra, quienes cargan no sólo con su responsabilidad, sino con la de otros, que deberían formar parte en la toma de decisiones. Tal procedimiento convencional se realiza con los pasos que se enlistan en la Tabla 5.51.

Tabla 5.51.- Procedimiento para estimar la amenaza y el riesgo por deslizamiento, según la UNESCO (Fell, 1994).

Paso	Acción
1	Reconocimiento de la amenaza (p. ej., hay posibilidad de deslizamientos de ciertos tipos)
2	Estimación de magnitudes (volúmenes)
3	Estimación de las probabilidades de ocurrencia correspondientes

Paso	Acción
4	Determinación de los elementos en riesgo
5	Estimación de vulnerabilidades
6	Cálculo de riesgos específicos
7	Cálculo del riesgo total
8	Estimación de la aceptabilidad del riesgo
9	Mitigación del riesgo (si es necesario)

Con base en estas ideas, Hungr (1997) propone una modificación al procedimiento convencional que se detalló en la anterior, por el que presenta en la siguiente tabla, el cual incluye dos etapas. De esta manera, la primera etapa que comprende la identificación del fenómeno y la estimación del peligro, es hecha totalmente por un consultor en geociencias, y es su responsabilidad. Tal estimación depende de las condiciones del sitio y de procesos naturales; mismos que se han descrito en las secciones previas, y que son ajenos a la presencia de posibles elementos en riesgo. Como conclusión de estas actividades debería liberarse un reporte que incluiría un mapa de distribución de intensidades potenciales, y una tabla de probabilidades asociadas.

En esta guía metodológica se ha adoptado el enfoque de Hungr, presentando entonces en esta sección los elementos necesarios para llevar a cabo los pasos 1 a 6 de la tabla de procedimientos, que corresponden a la estimación del peligro. La descripción de las actividades que implica los pasos 7 a 12 para estimar el riesgo, se aborda en la sección siguiente.

Tabla 5.52.- Procedimientos para estimar el peligro y el riesgo por deslizamiento de laderas, usando el concepto de intensidad del peligro, según Hungr (1997).

Etapa		Etapa	
Paso	**1. Estimación del peligro**	**Paso**	**2. Estimación del riesgo**
1	Reconocimiento del fenómeno o amenaza (por ejemplo, hay posibilidad de deslizamientos de ciertos tipos)	7	Determinación de los elementos en riesgo
2	Estimación de magnitudes (volúmenes)	8	Estimación de vulnerabilidades
3	Estimación de las probabilidades de ocurrencia correspondientes	9	Cálculo de riesgos específicos
4	Estimación de la distribución de la intensidad del peligro	10	Cálculo del riesgo total
5	Estimación de las probabilidades relacionadas con la intensidad	11	Estimación de la aceptabilidad del riesgo
6	Reporte de la estimación del peligro	12	Mitigación del riesgo (si es necesario)

5.6.3.5 Estimación de atributos geotécnicos, topográficos y ambientales

A fin de estimar el peligro que puede representar el deslizamiento de una ladera, es necesario investigar las condiciones del sitio distinguiendo:

a) Los deslizamientos que hayan ocurrido en la zona
b) Las peculiaridades topográficas y geomorfológicas
c) Las características geotécnicas de los materiales
d) Las condiciones ambientales.

Ya se ha señalado que el análisis tradicional de la estabilidad de una ladera se realiza con la cuantificación del factor de seguridad. Ello exige la determinación de propiedades de resistencia de los suelos o rocas, lo que sólo en contadas ocasiones es posible realizar, ya que la mayoría de las veces que Protección Civil interviene en estos menesteres, es porque se ha iniciado ya la inestabilidad. Usualmente, las condiciones imperantes exigen la toma de decisiones a corto plazo para establecer incluso un posible desalojo, a fin de proteger la vida, salud y patrimonio de las personas; de aquí que se requiera un procedimiento, aunque sencillo, suficientemente sólido y sistemático para fundamentar decisiones.

Tabla 5.53.- Formato para la estimación del peligro de deslizamiento de laderas.

FACTORES GEOTÉCNICOS					
Factor	**Intervalos o categorías**		**Atributo relativo**	**Observaciones**	**Calificación**
Tipo de suelos o rocas	Suelos granulares medianamente compactos a sueltos. Suelos que se reblandecen con la absorción de agua. Formaciones poco consolidadas.		1.5 a 2.5	Vulnerables a la erosión; o suelos de consistencia blanda.	
	Rocas metamórficas (lutitas, pizarras y esquistos) de poco a muy intemperizadas.		1.2 a 2.0		
	Suelos arcillosos consistentes o areno limosos compactos.		0.5 a 1.0	Multiplicar por 1.3 si está agnetado.	
	Rocas sedimentarias (areniscas, conglomerados, etc.) y tobas competentes.		0.3 a 0.6	Multiplicar por 1.2 a 1.5, según el grado de meteorización.	
	Rocas ígneas sanas (granito, basalto, riolita, etc.).		0.2 a 0.4	Multiplicar por 2 a 4 según el grado de meteorización.	
	Espesor de la capa de suelo.	Menos de 5 m	0.5	Revísense cortes y cañadas; o bien, recúrrase a exploración manual.	
		5 a 10 m	1.0		
		10 a 15 m	1.4		
		15 a 20 m	1.8		
Aspectos estructurales en formaciones rocosas	Echado de la discontinuidad.	Menos de 15°	0.3	Considérense planos de contacto entre formaciones, grietas, juntas y planos de debilidad. Ver figura 5.7.	
		25 a 35°	0.6		
		Más de 45°	0.9		
	Ángulo entre el echado de las discontinuidades y la inclinación del talud.	Más de 10	0.3	Ángulo diferencial positivo si el echado es mayor que la inclinación del talud. Ver figura 5.8.	
		0° a 10°	0.5		
		0°	0.7		
		0° a -10°	0.8		
		Menos de -10º	1.0		
	Ángulo entre el rumbo de las discontinuidades y el rumbo de la dirección del talud.	Más de 30°	0.2	Considerar la dirección de las discontinuidades más representativas.	
		10° a 20°	0.3		
		Menos de 5°	0.5		
FACTORES GEOMORFOLÓGICOS Y AMBIENTALES					
Evidencias geomorfológicas de "huecos" en laderas contiguas	Inexistentes		0.0	Formas de conchas o de embudo (flujos).	
	Volúmenes moderados		0.5		
	Grandes volúmenes faltantes		1.0		
Vegetación y uso de la tierra	Zona urbana		2.0	Considérese no sólo la ladera, sino también la plataforma en la cima.	
	Cultivos anuales		1.5		
	Vegetación intensa		0.0		
	Rocas con raíces de arbustos en sus fracturas		2.0		
	Vegetación moderada		0.8		
	Área deforestada		2.0		
Régimen del agua en la ladera	Nivel freático superficial		1.0	Detectar posibles emanaciones de agua en el talud.	
	Nivel freático inexistente		0.0		
	Zanjas o depresiones donde se acumule agua en la ladera o la plataforma		1.0		
				SUMATORIA	

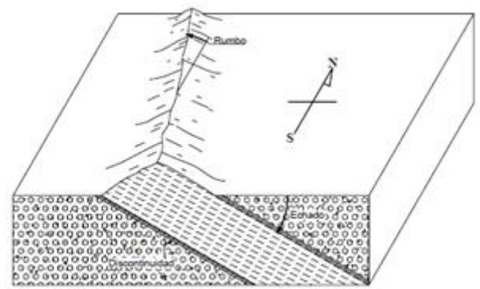


Figura 5.71.- Rumbo y echado de una formación geológica.

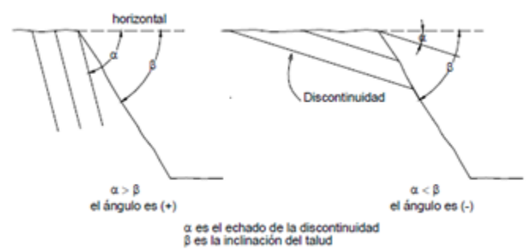


Figura 5.72.- Relación entre el echado de discontinuidades y la inclinación de la ladera.

5.6.3.6 Estimación del peligro de deslizamiento de una ladera

Calificados los diferentes factores que influyen en la estabilidad de una ladera, podrá hacerse su sumatoria, a fin de estimar el peligro de deslizamiento que pudiese adjudicársele a una ladera. En la tabla se distinguen cinco niveles de peligro, desde el Muy Bajo hasta el Muy Alto.

Esta metodología podría ser la base para la generación del mapeo regional de peligros, zonificando las áreas del terreno con igual o semejante potencial de inestabilidad, en combinación con un sistema de información geográfica (SIG). Estos mapas de peligro están fuera del alcance de esta guía. Sin embargo, el procedimiento antes descrito sería prácticamente invariante de la escala en que se aplique; esto es, que tanto se puede aplicar para una ladera específica de cierta dimensión; o bien, a escala de una ciudad, municipio o región, haciendo uso de mapas topográficos y geológicos de un SIG. Atendiendo a la escala correspondiente de planos o mapas topográficos, y tomando en cuenta lo hasta aquí tratado, deberá estimarse el volumen potencial de un deslizamiento, a fin de cumplir con el paso 2 indicado en la Tabla 5.54.

Tabla 5.54.- Estimación del peligro de deslizamiento.

Grado	Descripción	Suma de las calificaciones
1	Peligro Muy Bajo	Menos de 5
2	Peligro Bajo	5 a 7
3	Peligro Moderado	7 a 8.5
4	Peligro Alto	8.5 a 10
5	Peligro Muy Alto	Más de 10

5.6.4 Memoria de cálculo

Para el cálculo de los valores obtenidos en campo de las diferentes zonas y localidades que pudieran presentar características propias de caídos o derrumbes, se utilizó la siguiente Tabla 5.53.

5.6.4.1 Intensidad del fenómeno de deslizamiento

Parece conveniente buscar un tratamiento similar al enfoque que se da a otros peligros naturales como el sísmico. Así, se ha considerado pertinente el enfoque de Hungr (1997), en el que los deslizamientos son caracterizados por su intensidad. La intensidad puede definirse como un conjunto de parámetros cuantitativos o cualitativos distribuidos espacialmente, con los que se puede determinar el potencial que tiene un deslizamiento para causar daños. La intensidad sísmica reúne a un conjunto de parámetros distribuidos espacialmente para descubrir la potencia destructiva de movimientos del terreno. Estos parámetros pueden ser cuantitativos, tal como la aceleración máxima o la velocidad máxima, o cualitativos como la escala de Mercalli modificada (MM).

Tratándose de la intensidad de un deslizamiento estaríamos refiriéndonos a los parámetros que describen su destructividad. Debe reconocerse que todavía no existe una escala como la de la intensidad sísmica (MM); en ello debe establecerse la dificultad para definir tal escala, en virtud de que los efectos de los movimientos masivos térreos sobre las estructuras e infraestructura, son mucho más diversos que aquellos debidos a los temblores de tierra.

Uno de los parámetros más importantes para definir la intensidad de un deslizamiento, es la velocidad máxima de movimiento. Este dato junto con la estimación de la magnitud o volumen del deslizamiento, la profundidad de la masa en movimiento y el desplazamiento total ofrecen elementos para juzgar la posible destructividad de un deslizamiento.

El análisis de la inestabilidad por caídos o derrumbes consiste en la zonificación con áreas susceptibles de deslizamiento de masas descrito por el CENAPRED.

5.6.5 Resultado del análisis

5.6.5.1 Descripción de los sitios con potencial susceptible a presencia de caídas o derrumbes en el municipio de Colima

En el municipio de Colima, por las características presentados con los factores que contribuyen a la ocurrencia de caídos o derrumbes representados en los mapas anteriores se describe a continuación los sitios susceptibles a la ocurrencia de estos fenómenos (Figura 5.73).

Figura 5.73.- Localización de zonas de inestabilidad en el municipio de Colima.

Tabla 5.55.- Valores para el cálculo del peligro por inestabilidad.

Localidad / Punto de Interés	Ubicación	Factores Topográficos e Históricos										
		Inclinación de los Taludes	Altura	Antecedentes de deslizamientos en el sitio, área o región	Valoración Total	Tipo de suelos o rocas	Aspectos estructurales en formaciones rocosas	Valoración Total	Evidencias geomorfológicas de huecos en las laderas contiguas	Vegetación y uso de la tierra	Régimen del agua en la ladera	Valoración Total
CERRO LA CUMBRE	N 19° 11' 37.0" W 103° 41' 43.3"	2.0	0.6	0.4	2.0	2.5	0.3	2.8	0.5	0.8	1.0	2.3
LOS TEPAMES	N 19° 05' 44.4" W 103° 37' 28.7"	1.0	0.6	0.4	2.0	0.3	0.8	1.1	0.0	2.0	1.0	3.0
LOS TEPAMES II	N 19° 05' 45.2" W 103° 37' 26.7"	1.0	0.6	0.4	2.0	0.8	0.8	1.6	0.5	2.0	2.0	4.5
TINAJAS	N 19° 02' 27.7" W 103° 35' 12.3"	1.0	0.6	0.4	2.0	2.5	1.0	2.5	0.5	2.0	2.0	4.5
LA SALADA 1	N 19° 04' 54.0" W 103° 46' 32.3"	2.0	1.2	0.6	3.8	1.3	0.8	2.1	1.0	2.0	2.0	5.0
LA SALADA II	N 19° 04' 55.0" W 103° 46' 32.3"	2.0	1.2	0.6	3.8	1.1	0.8	1.9	1.0	2.0	2.0	5.0
LA SALADA III	N 19° 04' 54.0" W 103° 46' 33.3"	2.0	1.2	0.6	3.8	1.1	0.8	1.9	1.0	2.0	2.0	5.0

En el Cerro de la Cumbre tenemos afloramiento de rocas calizas y rocas clásticas sobre la vialidad que comunica la ciudad de Colima en dirección a Los Tepames. En la localidad de Los Tepames se presentan contrastes topográficos que podrían originar inestabilidades en la presencia de grandes precipitaciones pluviales, en este punto de la comunidad la pendiente es pronunciada y en grandes avenidas pluviales en combinación con sismos podría ser causantes de inestabilidades. Se aprecian elevaciones topográficas y con un tipo de roca intrusiva que podría poner en riesgo tanto en deslizamiento como en inundación a las viviendas localizadas en esta parte de la comunidad. El punto conocido como la Salada 1, presenta rocas muy inestables conformadas por yesos, calizas y arcillas, al igual que el punto conocido como la Salada 2, que además en periodo de lluvias tiene antecedentes de deslizamientos en el lugar. Las características del punto Salada 3, son similares al del punto Salada 2.

5.6.5.2 Ponderación del peligro en 5 niveles

Descripción de sitios utilizando la metodología del CENAPRED para cuantificar la inestabilidad por caídos o derrumbes en el municipio de Colima. A continuación se describen los sitios representados con alto potencial de inestabilidad por caídos o derrumbes utilizando la metodología CENAPRED determinando valores para establecer las siguientes categorías.

Tabla 5.56.- Resumen de las áreas de riesgo de Inestabilidad por caídos o derrumbe analizadas en el municipio de Colima.

Coordenadas Geográficas	Nombre	Cuantificación de Riesgo
19° 11’ 37.0” N, 103° 41’ 43.3” W	Cerro La Cumbre	7.1 (Peligro Moderado)
19° 05’ 44.4” N, 103° 37’ 28.7” W	Los Tepames (promedio)	9.7 (Peligro Alto)
19° 02’ 27.7” N, 103° 35’ 12.3” W	Tinajas	9.5 (Peligro Alto)
19° 04’ 54.0” N, 103° 46’ 32.3” W	La Salada (promedio)	9.7 (Peligro Alto)

5.6.6 Descripción de mapas de áreas de estudio

Debido a la configuración topográfica, al tipo de suelos y rocas, a la tectónica, a la hidrografía por mencionar algunos de los principales factores que prevalecen prevaleciente en la región centro occidente, donde se localiza el municipio de Colima se representan las zonas susceptibles a deslizamientos de masa.

5.6.6.1 Pendientes

El mapa que representan las pendientes topográficas en el municipio de Colima describe algunas de las áreas susceptibles a deslizamientos debido a este contraste topográfico. Y en este mapa se representan algunas de esas zonas como son, en el Cerro La Cumbre, en las localidades de Los Tepames y Tinajas, y en la zona de La Salada. La categorización se representa con el color correspondiente en el siguiente mapa.

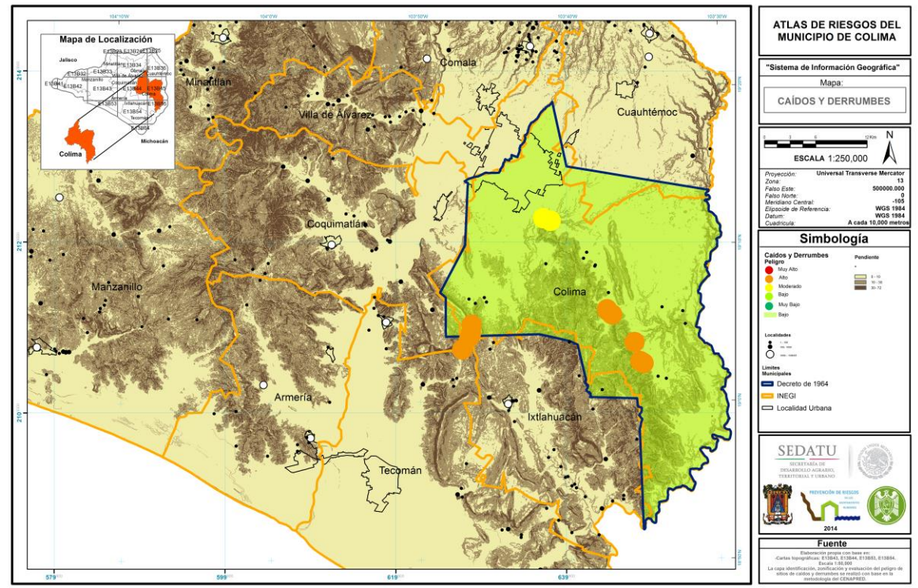


Figura 5.74.- Mapa de pendientes del municipio de Colima.

5.6.6.2 Pendientes con vías de comunicación

La inestabilidad por caído o derrumbes sobre el municipio de Colima, es representada aquí mediante la combinación del mapa de pendientes con las vías de comunicación en el municipio de Colima, una de las problemáticas que se pueden generar en las regiones representadas como áreas susceptibles a la inestabilidad, es la afectación la tráfico vehicular que pudiera estar cruzando estas zonas durante la ocurrencia de un evento en el que se presenta el movimiento de masas. La categorización se representa con el color correspondiente en el siguiente mapa.

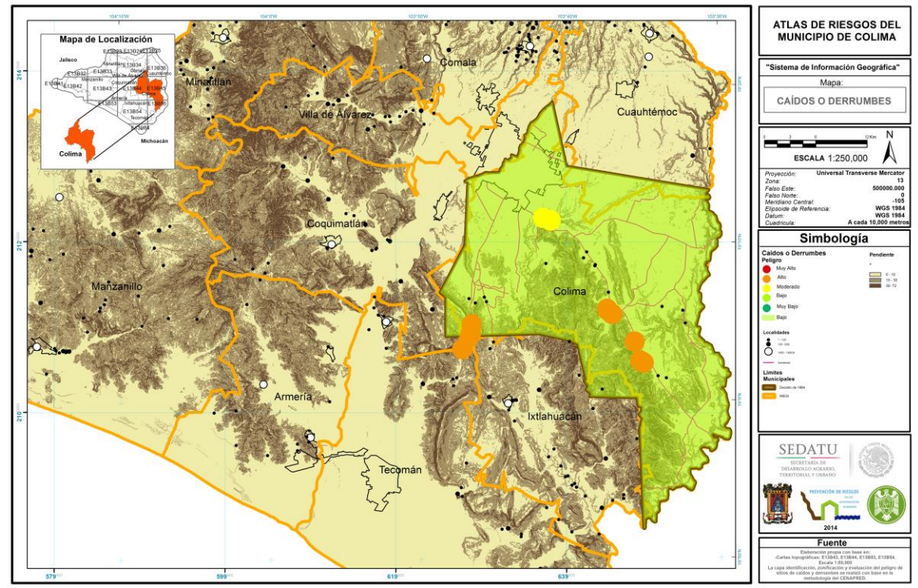


Figura 5.75.- Mapa de pendientes y red carretera del municipio de Colima.

5.6.6.3 Mapa de cobertura vegetal

La inestabilidad por caído o derrumbes sobre el municipio de Colima, es representada aquí mediante la combinación del mapa de pendientes con las vías de comunicación en el municipio de Colima, una de las problemáticas que se pueden generar en las regiones representadas como áreas susceptibles a la inestabilidad, es la afectación la tráfico vehicular que pudiera estar cruzando estas zonas durante la ocurrencia de un evento en el que se presenta el movimiento de masas. La categorización se representa con el color correspondiente en el siguiente mapa.

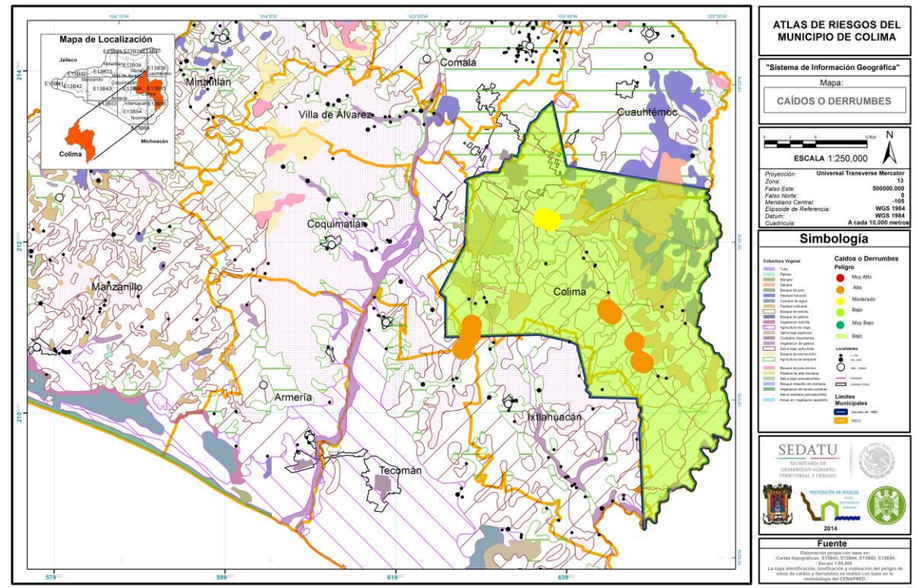


Figura 5.76.- Mapa de cobertura vegetal del municipio de Colima.

5.6.6.4 Mapa de laderas con cobertura vegetal y pendientes

La combinación de los factores de pendientes y cobertura vegetal son representados en el siguiente mapa de escala 1:250,000 y sobre el municipio de Colima se pueden apreciar, que estos factores contribuyen para la valoración de las zonas susceptibles a la inestabilidad por caídos o derrumbes con categorización de Alto en las zonas de Los Tepames, Tinajas, Cerro La Cumbre y La Salada en la parte limítrofe del municipio. La categorización se representa con el color correspondiente en el siguiente mapa.

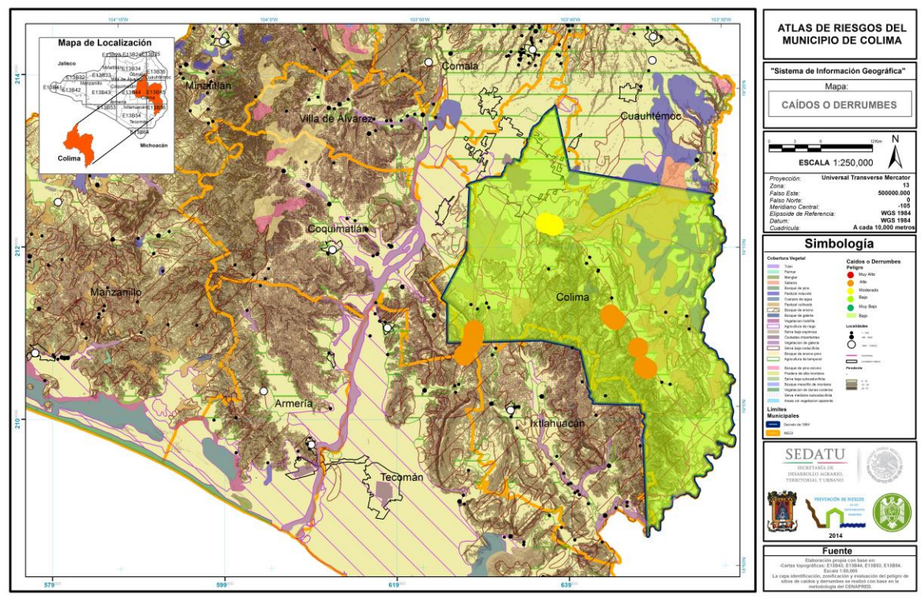


Figura 5.77.- Mapa de pendientes y cobertura vegetal del municipio de Colima.

5.6.6.5 Mapa de precipitación y vías de comunicación

Debido a la precipitación que se produce en la época de lluvias en el estado de Colima y concretamente en el municipio de Colima en donde se conjugan diferentes factores topográficos, litológicos y de cobertura vegetal es importante identificar la precipitación que se genera año con año en estas zonas de estudio, dado que este factor puede contribuir a la generación del fenómeno de derrumbes o caídos de taludes en las zonas de Mediano, Alto y Muy Alto riesgo. La categorización se representa con el color correspondiente en el siguiente mapa.

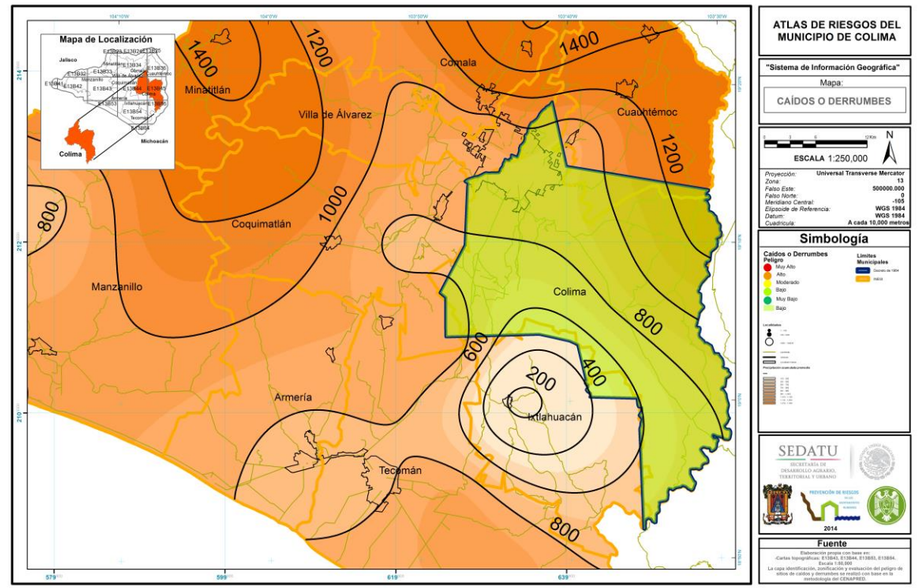


Figura 5.78.- Mapa de precipitaciones y red carretera.

5.6.6.6 Mapa de arroyos y ríos

Debido a la precipitación que se presenta año con año en el periodo de lluvias en el municipio de Colima y dadas las características topográficas que prevalecen en esta zona se producen una serie de escorrentías que contribuyen al desencadenamiento de este fenómenos de inestabilidad por caídos o derrumbes de pendientes. La categorización se representa con el color correspondiente en el siguiente mapa.

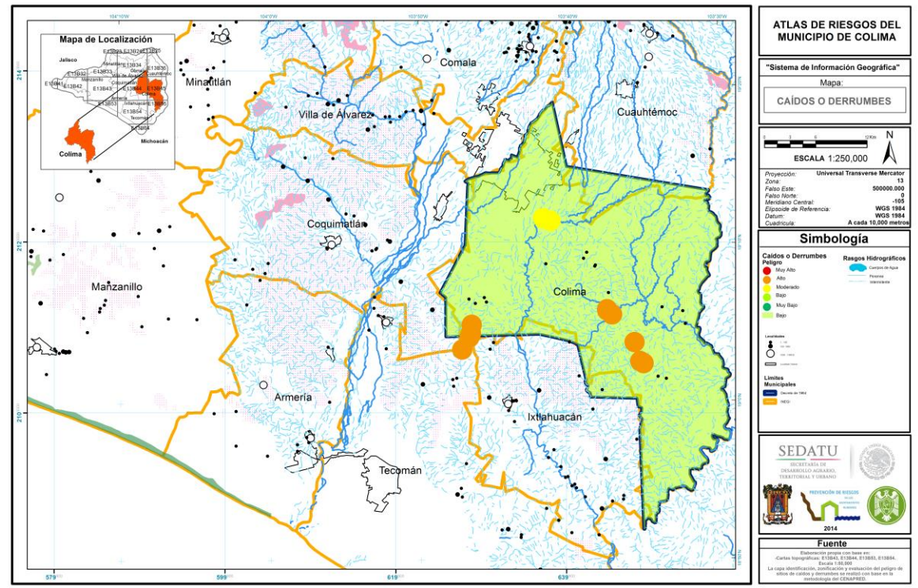


Figura 5.79.- Mapa de arroyos y ríos del municipio de Colima.

5.6.6.7 Mapa de litología con zonas de inestabilidad por caídas o derrumbe en laderas

El tipo de depósito que se encuentra sobre las zonas de alto riesgo en el municipio de Colima determina las zonas de riesgo por inestabilidad debido a caídos o derrumbes en función al tipo de litología que prevalece en cada localidad de estudio. Esta inestabilidad se incrementa con la presencia de otros factores como son lluvia, topografía, cobertura vegetal entre otros. La categorización se representa con el color correspondiente en el siguiente mapa.

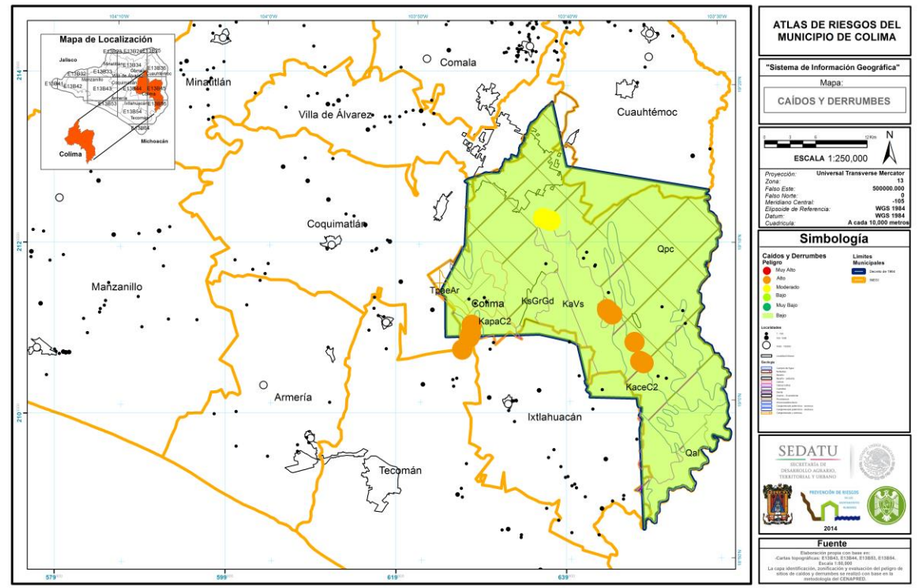


Figura 5.80.- Mapa de litología con zonas de inestabilidad por caídas o derrumbe en laderas.

5.6.6.8 Mapa de fallas y vías de comunicación

Por su ubicación tectónica el estado de Colima dentro de la estructura del graben de Colima y en donde se localiza especialmente el municipio de Colima se identifican una buena cantidad de fallas tanto normales como inversas como se puede apreciar en el siguiente mapa en el que se denotan las diversas fallas geológicas en el municipio de Colima. La categorización se representa con el color correspondiente en el siguiente mapa.

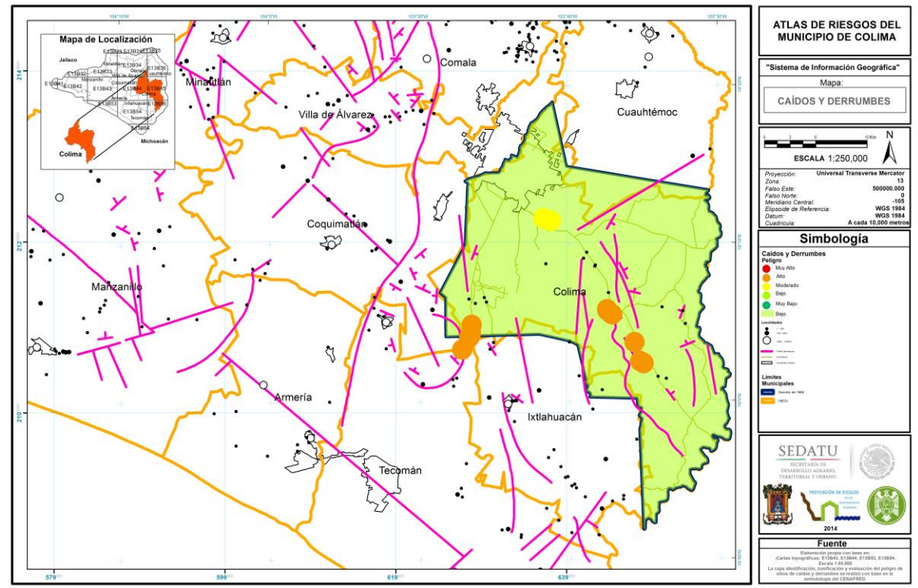


Figura 5.81.- Mapa de fallas y vías de comunicación.

5.6.6.9 Mapa de fallas y escorrentías

La combinación de factores como fallas y escorrentías es de gran importancia especialmente en época de lluvias dado que podrían combinarse ambos factores para generar el fenómeno de inestabilidad de pendientes. La categorización se representa con el color correspondiente en el siguiente mapa.

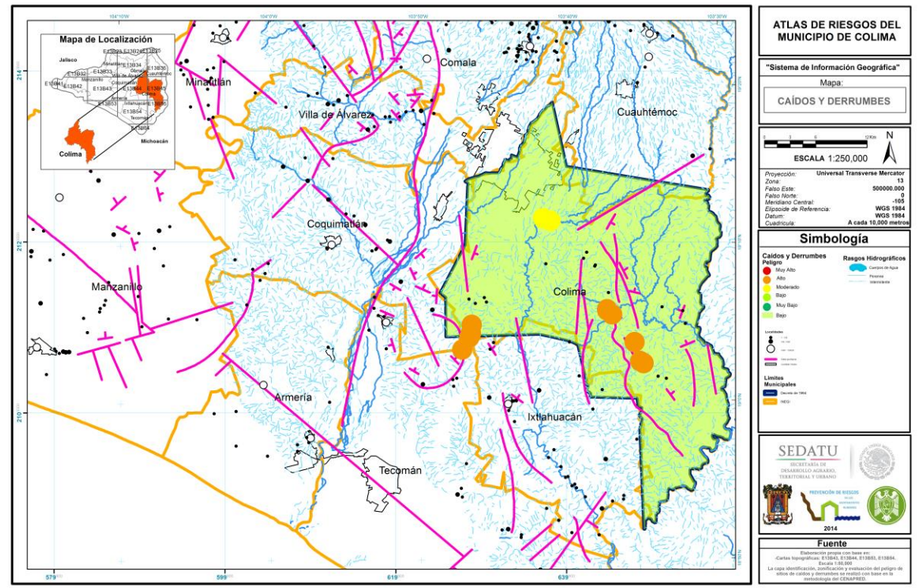


Figura 5.82.- Mapa de fallas y escorrentías.

5.6.6.10 Mapa de pendientes y geología

Sobre el municipio de Colima debido al tipo de depósitos litológicos que hay se puede apreciar que se genera un círculo virtuoso junto con el contraste topográfico para desencadenar la inestabilidad de pendientes como se aprecia en el siguiente mapa en donde se localizan las zonas susceptibles a inestabilidad de pendientes dentro del municipio. La categorización se representa con el color correspondiente en el siguiente mapa.

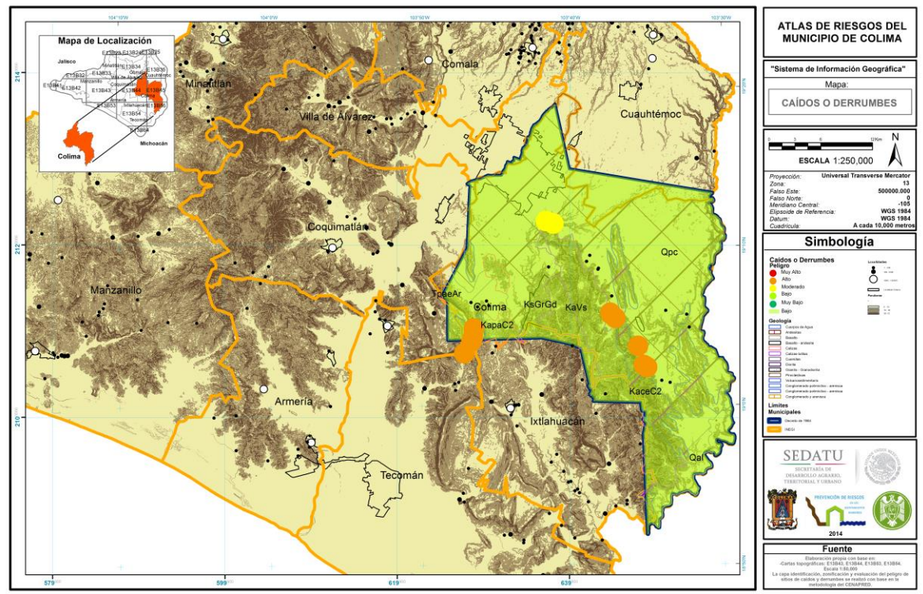


Figura 5.83.- Mapa de pendientes y geología.

5.6.6.11 Mapa de escorrentías y geología

Debido a que en el municipio de Colima prevalece un mosaico litológico con rocas sedimentarias y volcánicas, la erosión por escorrentías puede contribuir para la generación de este fenómenos de inestabilidad de pendientes. La categorización se representa con el color correspondiente en el siguiente mapa.

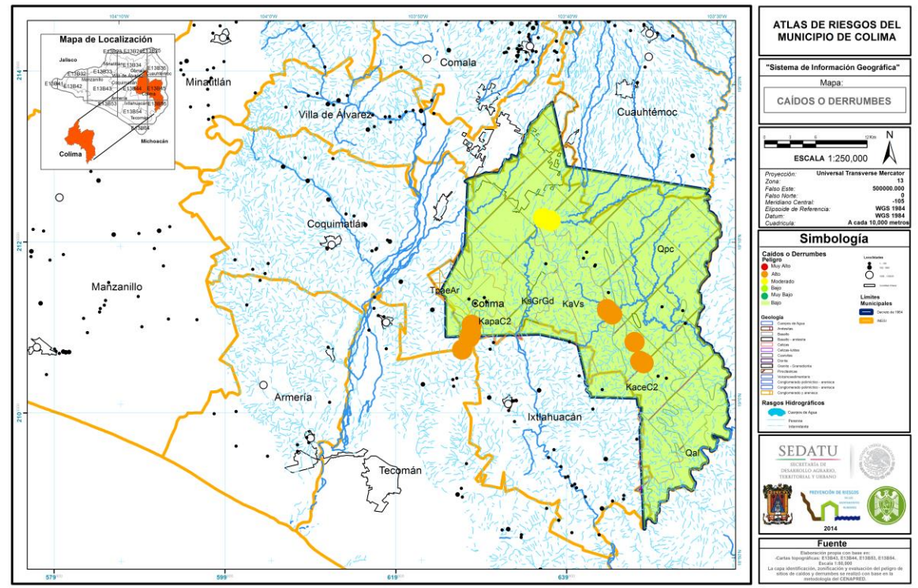


Figura 5.84.- Mapa de escorrentías y geología.

5.6.6.12 Mapa de pendientes con elevaciones

En las áreas en las que se tiene elevaciones mayores dentro del municipio de Colima las fuerzas gravitacionales contribuyen en forma positiva para generar desprendimientos de cuerpos de rocas que pueden desencadenar en inestabilidades de laderas, especialmente en combinación con otros factores como lluvia, tipo de cobertura vegetal por mencionar algunos de los factores representados con anterioridad, en el siguiente mapa se representan los cambios de pendientes en relación a las elevaciones que prevalecen en el municipio de Colima. La categorización se representa con el color correspondiente en el siguiente mapa.

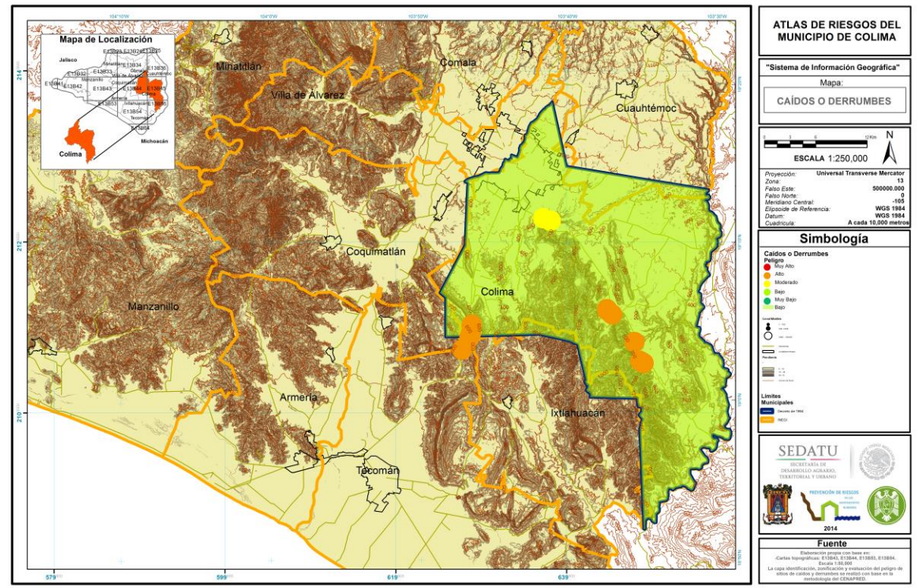


Figura 5.85.- Mapa de pendientes con elevaciones.

5.6.7 La vulnerabilidad

Para la determinación de la vulnerabilidad para las localidades de las áreas de estudio se consideró la vulnerabilidad física de las viviendas y su estructura, determinadas para el fenómeno físico de sismos e inundaciones, basados en la metodología del CENAPRED.

5.6.7.1 Memoria de cálculo utilizada para la vulnerabilidad

Los datos seleccionados para determinar el tráfico en las zonas de estudio se obtienen de Datos_Viales_2003_2013 por parte de la SCT.

Los datos correspondientes al tráfico vehicular en los sitios seleccionados para estudio en el municipio de Colima son: La Cumbre, las localidades de Los Tepames y Tinajas, y las zona de La Salada, localizada sobre el tramo de la autopista, Colima-Ixtlahuacán.

5.6.7.2 Resultado del análisis

En el municipio de Colima, por las características presentados con los factores que contribuyen a la inestabilidad por caídos o derrumbes en laderas representados en los mapas anteriores se describe a continuación los sitios susceptibles a la ocurrencia de inestabilidad por caídos o derrumbes en laderas.

Vulnerabilidad por caídos o derrumbes en el Cerro la Cumbre

En esta localización tenemos afloramiento de rocas calizas y rocas clásticas sobre la vialidad que comunica la ciudad de Colima en dirección a Los Tepames.

El tráfico vehicular que puede ser afectado en caso del fenómeno de deslizamiento por inestabilidad por caídos o derrumbes en pendientes se considera como un dato promedio, diario anual y que está representado por 2,096 vehículos que transitan por esta zona de estudio.

Si consideramos que en el estado de Colima existe un tráfico vehicular total de 80,582, si consideramos estos valores entonces la probabilidad de tráfico vehicular que podría ser afectado en esta zona de estudio está dado por 0.026 lo cual nos representaría un valor cuantitativo de vulnerabilidad para el Cerro La Cumbre en caso de ocurrencia de un fenómeno por deslizamiento por inestabilidad de laderas.

Vulnerabilidad en la localidad de Los Tepames

En esta localidad, se presentan contrastes topográficos que podrían originar inestabilidades por caídos o derrumbes en la presencia de grandes precipitaciones pluviales, en este punto de la localidad la pendiente es pronunciada y en grandes avenidas pluviales en combinación con sismos podría ser causantes de inestabilidades por caídos o derrumbes. En la imagen se aprecian elevaciones topográficas y con un tipo de roca intrusiva que podría poner en riesgo tanto en deslizamiento como en inundación a las viviendas localizadas en esta parte de la comunidad.

Localidad de Los Tepames (punto 1, 2 y 3)

Si se consideran el número de viviendas en la localidad de Los Tepames es de 540 y que son las que podrían ser afectadas por un fenómeno de grandes dimensiones debido a la inestabilidad por caídos o derrumbes pendientes. Estadísticamente no se tiene información de la ocurrencia de este fenómeno en estas zonas de estudio.

Si se considera el número de viviendas totales que existen en el municipio se tendría un valor de vulnerabilidad de 0.013.

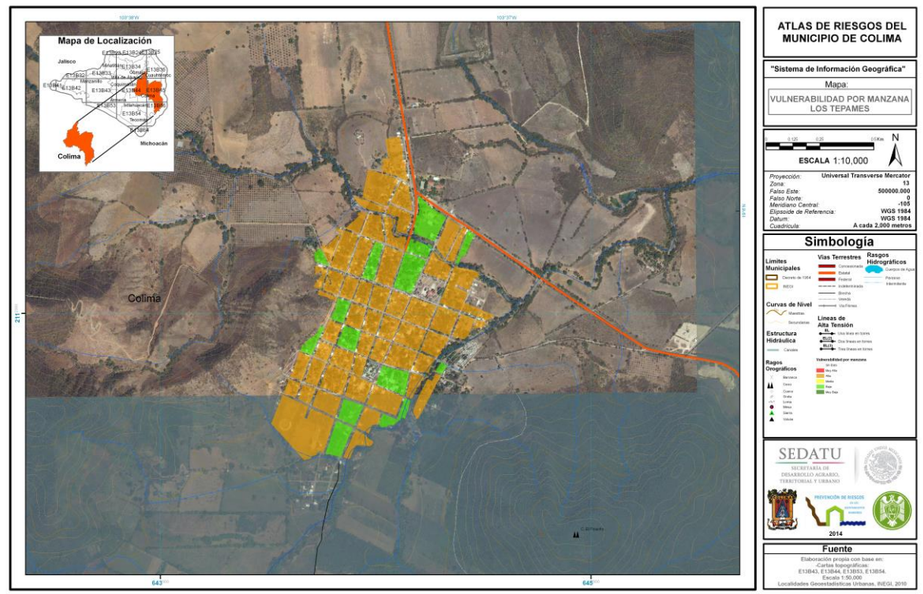


Figura 5.86.- Mapa de vulnerabilidad por manzana en la localidad de Los Tepames.

Localidad de Tinajas

Si se consideran el número de viviendas en la localidad de Tinajas es de 93 y que son las que podrían ser afectadas por un fenómeno de grandes dimensiones debido a la inestabilidad por caídos o derrumbes en pendientes. Estadísticamente no se tiene información de la ocurrencia de este fenómeno en estas zonas de estudio. Pero si se considerara el número total de viviendas que existen en el municipio de Colima (41,383) se tendría un valor de vulnerabilidad de 0.0022.

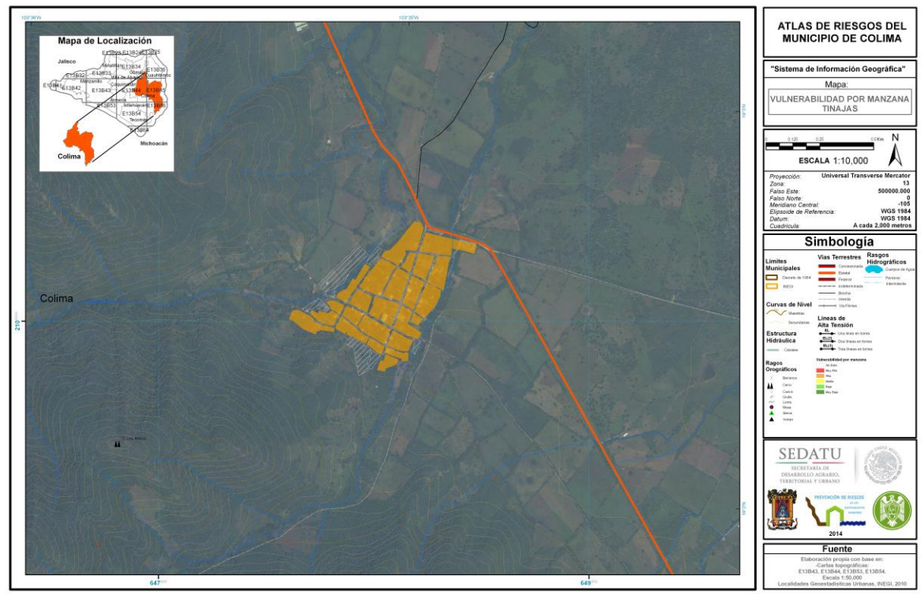


Figura 5.87.- Mapa de vulnerabilidad por manzana en la Localidad de Tinajas.

Zona La Salada (punto 1, 2 y 3)

El tráfico vehicular que puede ser afectado en caso del fenómeno de deslizamiento por inestabilidad por caídos o derrumbes en pendientes se considera como un dato promedio, diario anual y que está representado por 14,199 vehículos que transitan por esta zona de estudio. El total de vehículos que circulan por esta zona durante los 365 días fue de aproximadamente 5’111,640.

Según los datos de accidentes registrados y en los que no se puede diferenciar los accidentes ocasionados por deslizamiento debido a inestabilidad por caídos o derrumbes en pendientes, si se puede tomar un valor del número de accidentes registrados en el estado de Colima durante el año de 2011 que fueron 394 considerando el número total de vehículos que circulan por ese tramo durante el año se obtiene un valor de 0.000077 que representa un criterio para determinar el valor de la vulnerabilidad

Ponderación de la vulnerabilidad

Descripción de sitios utilizando la metodología del CENAPRED para cuantificar la inestabilidad por caídos o derrumbes de laderas en el municipio de Colima.

A continuación se describen los sitios estudiados en el municipio de Colima y que representan valores para la ponderación de la vulnerabilidad y que fue determinada en cinco categorías (Muy Baja, Baja, Media, Alta y Muy Alta). Esta categorización se basa en las determinaciones del CENAPRED y que fue utilizada para caracterizar cada localidad de estudio como se representa en el siguiente cuadro.

Tabla 5.57.- Cuantificación de vulnerabilidad por caídos o derrumbes en el municipio de Colima.

Coordenadas Geográficas	Nombre	Cuantificación de Vulnerabilidad
19° 11’ 37.0” N, 103° 41’ 43.3” W	Cerro La Cumbre	(Peligro Bajo
19° 05’ 44.4” N, 103° 37’ 28.7” W	Los Tepames (promedio)	(Peligro Alto)
19° 02’ 27.7” N, 103° 35’ 12.3” W	Tinajas	(Peligro Alto)
19° 04’ 54.0” N, 103° 46’ 32.3” W	La Salada (promedio)	(Peligro Alto)

5.6.8 El riesgo por caídos o derrumbes

5.6.8.1 Metodología del riesgo por caídos o derrumbes

El criterio para determinar el riesgo en esta zona de estudio, se determina mediante los criterios establecidos para el peligro y la vulnerabilidad zonas analizadas del Cerro La Cumbre, Los Tepames, Tinajas y las localidades de La Salada.

5.6.8.2 Memoria de cálculo del riesgo por caídos o derrumbes

Los valores determinados para el riesgo en las zonas del Cerro la Cumbre, Tepames, Tinajas y La Salada nos muestran valores representados en la Tabla 5.58 y por la Tabla 5.59.

A continuación se describen los sitios representados con alto potencial de inestabilidad por caídos o derrumbes en pendientes utilizando la metodología CENAPRED determinando valores para establecer las siguientes categorías.

Tabla 5.58.- Estimación del riesgo por caídos o derrumbes.

Grado	Descripción	Riesgo = Peligro * Vulnerabilidad
1	Riesgo Muy Bajo	Muy Bajo * Muy Bajo
2	Riesgo Bajo	Bajo * Bajo (Muy Bajo)
3	Riesgo Moderado	Moderado * Moderado
4	Riesgo Alto	Alto * Alto (Moderado)
5	Riesgo Muy Alto	Muy Alto * Muy Alto (Alto)

5.6.8.3 Resultados del riesgo por caídos o derrumbes

A continuación se describen los datos obtenidos con las ponderaciones para peligro y vulnerabilidad de los sitios de estudio en el municipio de Colima.

Tabla 5.59.- Cuantificación del riesgo por caídos o derrumbes en el municipio de Colima.

Coordenadas Geográficas	Nombre	Riesgo = Peligro * Vulnerabilidad
N 19° 11’ 37.0”, W 103° 41’ 43.3	Cerro La Cumbre	Moderado = Alto * Bajo
N 19° 05’ 44.4”, W 103° 37’ 28.7”	Los Tepames (promedio)	Alto = Alto * Alto
N 19° 02’ 27.7”, W 103° 35’ 12.3”	Tinajas	Alto = Alto * Alto
N 19° 04’ 54.0”, W 103° 46’ 32.3”	La Salada (promedio)	Moderado = Alto * Bajo

5.6.8.4 Descripción de mapa de riesgo

El mapa que representan las pendientes topográficas en el municipio de Colima describe algunas de las áreas susceptibles a deslizamientos debido a este contraste topográfico. Y en este mapa se representan algunas de esas zonas como son, en el Cerro La Cumbre, Los Tepames, Tinajas y La Salada. La categorización se representa con el color correspondiente en el siguiente mapa. La categorización se representa con el color correspondiente en el siguiente mapa.

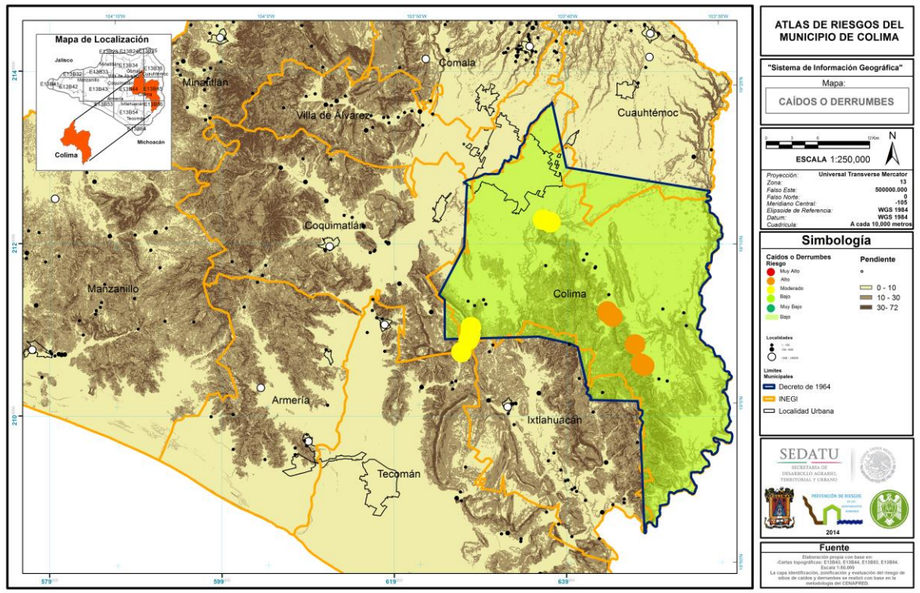


Figura 5.88.- Mapa de riesgo de caídos o derrumbes.

5.7 HUNDIMIENTOS[163]

Los hundimientos son movimientos generalmente verticales de masas de suelo, en los cuales ocurre una disminución del volumen general del terreno. Los procesos de hundimiento de gran magnitud se clasifican como parte de los movimientos en masa o deslizamientos, aunque para su ocurrencia, la presencia de un talud no es necesariamente un pre-requisito. Pueden ser de gran magnitud o relativamente pequeños. Los hundimientos obedecen a diferentes causas naturales.

En regiones donde se efectúa extracción de agua subterránea mediante bombeo profundo, es común observar hundimientos de la superficie natural del terreno.

Con el fin de garantizar la integridad de los habitantes, en sus personas y en sus bienes, es importante tomar en cuenta los problemas de subsidencia regional que ocasiona la extracción de agua subterránea, por efectos del abatimiento del nivel de agua freática. En lugares donde se encuentra abatido el nivel del agua subterránea, y las formaciones geológicas superficiales las constituyen sedimentos no consolidados y compresibles, es común que se desarrollen grietas en la superficie del terreno natural, las que se propagan a cierta profundidad en el subsuelo, con el consecuente daño que sufren las construcciones de cualquier tipo y el peligro que esto implica para sus ocupantes.

En tales casos, antes de construir cualquier estructura de cimentación, resulta necesario efectuar un tratamiento de estas grietas para restablecer la continuidad del terreno en la superficie, pero no sin antes buscar la solución del problema en su origen, mediante la racionalización de la extracción del agua subterránea.

Las estructuras de cimentación de las construcciones en general y las obras para servicio y abastecimiento, comúnmente, se ven afectadas cuando se abate la superficie del agua subterránea y se induce en consecuencia un encogimiento de los sedimentos no consolidados compresibles (mientras más compresibles sean los sedimentos, mayor será el efecto de hundimiento regional y el agrietamiento de la superficie del terreno natural).

Concretamente, la magnitud del encogimiento o reducción volumétrica de los sedimentos no consolidados depende directamente de dos factores:

1. Las características de compresibilidad de los suelos. Como se mencionó, mientras más compresible sea el suelo, los efectos de subsidencia regional serán de mayor magnitud, y el problema de agrietamiento de la superficie del suelo más crítico.
2. Intensidad de la extracción del agua subterránea. Mientras mayor sea el volumen de agua que se extrae del subsuelo, los estragos de la compresión volumétrica serán de mayor proporción, llegando a manifestarse no solamente por el hundimiento del terreno, sino por desplazamientos relativos en el sentido horizontal, que originan la formación de grietas de tensión de manera alarmante y peligrosa para los habitantes.

En la periferia de las zonas donde se presenta el problema de hundimientos diferenciales, normalmente, al sumarse los efectos de los desplazamientos verticales y horizontales, la superficie del terreno natural tiende a agrietarse. A estas aberturas de la superficie del suelo se les conoce como grietas de tensión. Bajo estas circunstancias, es frecuente que las grietas de tensión aparezcan donde además existe un contacto o frontera entre dos o más formaciones geológicas distintas.

5.8 SUBSIDENCIA

La subsidencia describe el progresivo hundimiento de una superficie, generalmente de la litosfera, bien sea por el movimiento relativo de las placas tectónicas que incluyen tanto la convergencia de las mismas como su divergencia o, en una escala menor, por el asentamiento del terreno en las cuencas sedimentarias (a menudo acelerado por la acción humana, como es el caso de las cuencas petroleras) o por el cese de la actividad volcánica en áreas reducidas en torno a los volcanes propiamente dichos, como sucede en el caso de los atolones. En el caso de la subsidencia, el nivel del mar, como es lógico, sube. El opuesto de la subsidencia es el levantamiento, el cual resulta en un incremento de la altitud de la superficie sólida de nuestro planeta y, en consecuencia, en un descenso del nivel del mar.

[163] CENAPRED (2014). Inestabilidad de Laderas. Serie Fascículos, Centro Nacional de Prevención de Desastres, México D. F

En el municipio de Colima no se presenta el fenómeno de subsidencia, por lo cual no se realizó un análisis sobre su riesgo.

5.9 AGRIETAMIENTOS

Es un fenómeno que se da por tectonismo en rocas y en suelos y que puede originar destrucción en viviendas o infraestructura que se asientan sobre áreas en las que se presenta este fenómeno. En la Sierra Madre Oriental, y específicamente en el área metropolitana de Monterrey se presentan fenómenos de agrietamiento en la región de Chipinque y en Garza García.

En el municipio de Colima, esta fenomenología no se ha manifestado por lo cual no se realizó un análisis sobre su riesgo.

5.10 ARGUMENTOS QUE JUSTIFICAN LA NO PRESENCIA DE HUNDIMIENTOS, SUBSIDENCIA, AGRIETAMIENTOS Y FLUJOS EN EL MUNICIPIO DE COLIMA

En el municipio de Colima se manifiesta un tipo de rocas y suelos en el que predominan los depósitos volcánicos del Volcán de Fuego de Colima (Avalancha de escombros volcánicos) y en donde se pueden identificar los principales centros urbanos, como son la ciudad de Colima y Lo de Villa. Las comunidades de Los Tepames, Piscila, Las Guásimas y los asentamientos localizados sobre la Autopista que comunica con el puerto de Manzanillo, son muy pequeñas comparativamente a la ciudad capital. Aunque en estas comunidades tenemos rocas calizas y sedimentos clásticos, no se han encontrado manifestaciones de la presencia de hundimientos y agrietamientos, los cuales se observan en los municipios donde predominan las rocas calizas, como son el municipio de Ixtlahuacán, Manzanillo y Minatitlán.

Sobre los principales centros urbanos no se ha reportado la presencia de este tipo de fenómenos, sin que se descarte del todo la posibilidad de ocurrencia de ellos, debido a la tectónica que prevalece en esta zona centro-occidente del país, en donde se manifiestan tectónicamente la presencia de fallas dentro de la estructura del Graben de Colima.

En la ciudad capital de Colima, no se ha reportado la incidencia de este tipo de fenómenos, aun y cuando se han presentado sismos como los del 2003, que han originado grandes destrucciones a esta zona urbana.

Los flujos sólo se han presentado en cauces de arroyos y ríos, en donde fue considerada esta fenomenología, misma que no se ha presentado con alta destructividad en los últimos 50 años, tal y como fue el caso en el municipio de Minatitlán con el flujo de 1959.

5.11 FALLAS Y FRACTURAS[164]

Una falla es un plano de rotura en una masa rocosa a lo largo de la cual se produce un movimiento. Derivado de los movimientos compresivos y distensivos que han actuado en la región, estos se manifiestan con la deformación frágil representada por sistemas de fallamiento normal y lateral con orientación NNW-SSE, donde podemos enumerar las fallas normales El Naranjo, Barreras y Tinajas. Asociadas a las anteriores se tienen fallas paralelas de menor magnitud, dando origen a bloques escalonados, de pilares y fosas, los cuales guardan relación con el graben de Colima, de orientación N-S.

5.11.1 *Sección Salsipuedes-Los Tepames.*

Se trazó al poniente de la población Los Tepames; inicia al oriente del cerro Salsipuedes siguiendo una dirección W-E.

---

[164] *Idem*. Servicio Geológico Mexicano

Al oriente del cerro mencionado, en las coordenadas 641912 E, 2111114 N, aflora andesita gris a verde, cambiando a verde pardo al intemperismo; textura fanerítica, estructura masiva compacta; constiuída por plagioclasa, piroxeno, clorita, conteniendo escasa hematita y magnetita hidrotermal, Es afectada por un pórfido andesítico constituido por minerales de oligoclasa, piroxenos, hematita por alteración de los piroxenos y magnetita diseminada en la matriz. Al poniente sobreyace caliza gris compacta con textura mudstone, de tipo arrecifal con abundantes fósiles.

Continuando al oriente, en las coordenadas 643249 E, 2111666 N, se describió brecha andesítica, color gris verdosa cambiando a pardo por intemperismo; textura porfídica afanítica, estructura masiva en partes esferoidal, afectado por fallamiento normal con rumbo NW 35° SE y echado de 42° al SW; constituida por minerales de plagioclasa, piroxeno, clorita, óxidos de fierro y calcita en hilillos. A 100 m al oriente, se tienen niveles de flujos de riolita color gris rosa y morado cambiando a tonos claros por intemperismo; textura afaníticavitrocristalina formando fiames, estructura masiva semicompacta con fracturamiento de rumbo N 30° W y echado de 45° al SW; la riolita está formada por feldespato potásico, cuarzo, vidrio y óxidos de fierro. La roca volcánica es afectada por En un banco de material Inmediato a Los Tepames (644740 E, 2111808 N), se reconoció una brecha epiclástica constituida por fragmentos andesíticos y escaso cuarzo subredondeado, presenta color gris verdosa con motas blancas, al intemperismo cambia a tonos amarillentos; textura clástica porfidica, estructura semicompacta esferoidal, afectada por fallamiento de rumbo N 15° E y echado de 55° al SE. Los fragmentos andesíticos tienen tamaño de 1 a 4 cm y están constituidos por minerales de plagioclasa, escasos piroxenos, clorita, hematita y calcita; la matriz es toba arenosa.

Las rocas que afloran en la región han sido por esfuerzos distensivos y compresivos ocasionando fallas y fracturas.

5.11.2 Fallamiento normal y lineamientos de rumbo NW-SE

Falla La Higuerita. Ubicada en la parte suroeste de la carta y al oeste de Los Tepames (643249 E, 2111666 N). Es una falla normal que se manifiesta con boudinage y material molido, con estrías abundantes, presentando un rumbo N 30°-35° W con buzamiento de 42° al SW, guardando paralelismo con la falla Tinajas. Tiene una longitud aproximada de 7.7 km. Afecta a andesitas, brechas y tobas andesíticas de la Formación Tepalcatepec **(Kapce TA-Lm).**

Falla Tinajas. Se encuentra en la porción suroccidental de la carta en la localidad con coordenadas 652690 E, 2101424 N. Es una falla normal, tiene un rumbo de N 28° a 30° W con echado de 80° al NE y una longitud mayor de 24 kilómetros dentro de los límites de la carta. En la traza de esta estructura se observa la roca con fracturamiento y molienda intensa, dando origen a pequeñas fosas angostas y alargadas de orientación noroeste sureste. En el arroyo El Cajón al suroeste de Tinajas (648857 E, 2105142 N), se observa falla de rumbo N 10° E con echado de 60° al SE, quedando sobre la traza de falla Tinajas, representada por material brechado y anguloso de diferente magnitud de caliza, en una matriz arcillo arenosa oxidada. Entre las fallas de Tinajas y El Naranjo se formó una zona de graben de orientación casi norte sur con una longitud mayor de 10 km y ancho de 5 a 9 km. Afecta principalmente a las andesitas, tobas andesíticas y calizas de edad Albiano Cenomaniano de la Formación Tepalcatepec y Madrid.

Falla La Peña Blanca. Se localiza a 3 kilómetros al NE 25° de la comunidad de Los Tepames, en la localidad con coordenadas 646386 E, 2114633. N. Consiste de una falla normal de rumbo N 30° W y buzamiento de 79° al NE variando al SW, lo que nos indica el cambio de inclinación, o sea la inclinación de la falla cambia de sentido. Afecta a la caliza de textura wackestone, areniscas y limolitas de la Formación Madrid **(KaCz-Lm)** del Albiano.

Falla El Barrio. Localizada en falda noreste del cerro conocido como Los Libros; registrada como falla normal, su traza se aprecia en la imagen de satélite y plano topográfico, con una longitud de unos 11 km, y rumbo general de N 30º W; el espejo de falla registro escalones congruentes, estrías en costra de calcita, en el extremo noroeste su rumbo es N 26º W e inclinación variando de 77° a 87º al SW (623036 E, 2120458 N), al sureste el reflejo de la falla tiene un rumbo de N 38º W, inclinación de 77º al SW (627099E, 2114499N). A la falla El Barrio se asocia la falla de tipo normal El Guaje y El lineamiento El Picacho; afectan a rocas sedimentarías cretácicas de la Formación Madrid. (KaCz-Lm) y a los sedimentos terrígenos de la Formación Cerro de la Vieja (Kace Ar-Cgp).

Falla La Mezcla, localizada a 1 kilómetro al oeste de la comunidad El Tepeguaje; en la imagen de satélite su traza se aprecia en una longitud de 9 km, con rumbo general de N 60º W; falla considerada como normal con componente destral, su rumbo local es N 53º W, inclinación de 87º al SW y pitch de 20º al NW, datos medidos en el lugar con coordenadas 635145 E, 2111051 N; a ésta se asocia la falla normal con componente dextral El Venado, así como los lineamientos Arroyo Verde I y II; afectan a rocas volcano-sedimentarias cretácicas de la Formación Tepalcatepec (Kapce TA-Lm y KaceCz) y son desplazadas por las fallas Alondrita y La Ramadita.

Falla La Cumbre. Disecta a los cerros Las Higueras y La Cumbre, ubicados en el entronque Tepames y Piscila; su traza tiene forma elipsoide, se observa en una longitud de 5 km, con rumbo general de N 40º W; la falla es de tipo normal con componente sinestral, su rumbo local es N 23º W, con inclinación de 83º al NE, datos medidos en el lugar con coordenadas (637603 E, 2121442 N), al noroeste se intercepta con las fallas paralelas Tepescahuil 1, 2 y Piscila; afectan a rocas volcano-sedimentarias cretácicas de la Formación Tepalcatepec (Kapce TA-Lm y KaceCz).

5.11.3 Fallamiento normal y lineamientos de rumbo NE-SW

Falla El Naranjito. Localizada a un par de kilómetros al occidente de la comunidad de Los Tepames, en el punto con coordenadas 643077 E, 2111688 N. Es una falla normal que presenta un rumbo de N 20° E con un echado de 89° al SE, se manifiesta en una extensión de 5 km aproximadamente. Esta estructura afecta a la unidad volcano-sedimentaria de la Formación Tepalcatepec **(Kapce TA-Lm).**

Falla Peña Blanca.-Se localiza al norte de Los Tepames y noreste del cerro Peña Blanca, en las coordenadas 646386 E, 2114633 N. Es una falla normal de rumbo N 30° W con echado de 79° al NE, que se manifiesta como una zona de gouche con presencia de material molido, brechado y abundante arcilla, con un metro de espesor y una longitud aproximada de 3 kilómetros. Afecta a la caliza arenisca limolita tipo wackestone **(KaCz-Lm)** de la Formación Madrid.

Falla La Otatera. Localizada al oriente de la población de Madrid; la falla es lateral izquierda, en la imagen de satélite su traza se aprecia en una longitud mayor a 6 km, con rumbo general de NE 45º SW. Su prolongación al noreste probablemente corresponda con las fallas Tepescuagüil I y II, localizadas en el cuadrante noreste de la carta en el cerro conocido como “La Cumbre, ambas con una longitud de 2 a 2.5 km; El Tepescuagüil I se considera de tipo lateral derecha, con rumbo N 42º E, e inclinación de 88º al NW (637987E, 2122452N); la falla Tepescuagüil II se considerada lateral izquierda, tiene un rumbo de N 43º E e inclinación de 77º al SE (637891E, 2122007N); a ésta se asocia el lineamiento Jala, se interpreta con movimiento lateral derecho, afectan a las rocas de las formaciones: Tepalcatepec (Kapce TA-Lm), Madrid (KaCz-Lm y KaCz) y Cerro de la Vieja (Kace Ar-Cgp).

Falla La Alondrita. Su traza pasa sobre el cerro Loma Alta, a 2 km al norte de El Tepeguaje Gordo; en la imagen de satélite se aprecia en una longitud de 6 km, con rumbo general de NE 60º SW; la falla es normal, su rumbo local es N 50º E, e inclinación de 83º al SE, datos medidos en el lugar con coordenadas 639387 E, 2111451 N; a ésta se asocian la falla normal Agua Cercada, la cual tiene un rumbo de N 40°E e inclinación de 78 al SW, y el lineamientos La Escondida; afectan a rocas volcano-sedimentarias cretácicas de la Formación Tepalcatepec (Kapce TA-Lm) y al intrusivo de Manzanillo (Ks-TpaGr-Gd).

Falla Piscila*.* Se encuentra a 1.5 km, al oriente de la población de Piscila; es de tipo normal con componente lateral izquierdo, tiene poca expresión en la imagen de satélite donde se interpreta una longitud de 7.5 km, su rumbo general varia en el extremo sur es N-S y hacia el norte cambia a N25ºE; en el punto con coordenadas 637168 E, 2116529 N, corta a un cuerpo de hierro, en sentido N 16º E con inclinación de 87º al NW; en el cerro La Cumbre (638880 E, 2120207 N) se tiene contacto por falla, entre andesita con lente de caliza, su rumbo es N 24º E, e inclinación de 75º al NW; afecta a la secuencia volcano-sedimentaria de la Formación Tepalcatepec (Kapce TA-Lm) y al intrusivo de Manzanillo (Ks-TpaGr-Gd).

5.11.4 Fallamiento normal y lineamientos de rumbo N-S

Falla Las Trancas I. Localizada al poniente del río Salado a 4 km al noreste del pueblo Ixtlahuacán; en la imagen de satélite se aprecia en una longitud de 10 km, con rumbo general de N 15º W; la falla es normal con componente lateral izquierda, su rumbo local es N 12º W, e inclinación de 70º al SW y pitch de 53º al SE; datos medidos en el lugar con coordenadas, 634638E, 2104768N; a ésta se asocian la falla Las Trancas II y el lineamiento las Trancas III, formando un arreglo en cola de caballo al noroeste; afectan a rocas sedimentarias cretácicas de la formación Madrid (KaCz-Lm y KaCz) y a los sedimentos terrígenos de la Formación Cerro de la Vieja (Kace Ar-Cgp).

Falla La Salada. Se ubica al oeste de la carretera que comunica al pueblo Los Asmoles con el Crucero de Turla, contribuyó a la formación del arroyo La Salada. Es una falla normal, en la imagen de satélite se aprecia en una longitud de 9 km, con rumbo general NE 10º SW, el fracturamiento asociado a esta falla, tiene un rumbo de N 09º E con inclinación de 86º al NW datos medidos en el lugar con coordenadas 626824 E, 2104179 N; afecta a rocas sedimentarias cretácicas de la Formación Madrid (KaCz-Lm) y a la Formación Cerro de la Vieja (Kace Ar-Cgp), y se encuentra afectada por el lineamiento Turla, Alcomún y El Barrio. Su extensión norte, se infiere que corresponda con la falla normal Los Gallos, localizada a 5 km al sureste de Coquimatlán; en la imagen de satélite se le aprecia en una longitud

de 5 km, con rumbo general de N 07º W. Paralela a la falla La Salada se tiene la falla Jiliotupa**,** ubicada en la comunidad del mismo nombre (coordenadas 631333E, 2110294N), tiene una longitud de 9.7 km, rumbo general norte sur, se considera de tipo lateral sinestral; afecta a las formaciones, Madrid (KaCz-Lm, KaCz, y Ka Y) y al conglomerado Cerro de La Vieja (Kace Ar-Cgp).

5.11.5 Deformación frágil-dúctil

Representada por pliegues asimétricos y en rocas con mayor plasticidad forman pequeños pliegues tipo chevron; la deformación es producto de esfuerzos compresivos progresivos. Este tipo de deformación se encuentra representado por anticlinales y sinclinales en las rocas terrígenas y calcáreas.

Anticlinal Los Vallecitos. Ubicado a 5.5 kilómetros de la comunidad de Tinajas, Tiene una orientación de N 12° a 15° W, con una longitud aproximada de 2.5 km, misma que hacia su parte oriente tiene una pequeña estructura sinclinal de rumbo N 38° W con una longitud de 2 km. Ambas estructuras están erosionadas y/o cortadas por falla de rumbo este-oeste. Estas estructuras deforman a calizas, areniscas y limolitas de la Formación Madrid (KaCz-Lm).

Sinclinal La Mesa. Se ubica en el límite centro sur de la carta, presenta una orientación de rumbo N 42° W, y una longitud aproximada de 3 kilómetros. Es asimétrico, ya que presenta mayor inclinación en su flanco SW; hacia su parte noroeste y sureste es cortado por fallamiento y/o erosión. Afecta a calizas, areniscas, limolitas y conglomerados de la Formación Madrid (KaCz-Lm).

Sinclinal Los Libros.- Localizado en la porción centro oriente de la carta, al Suroriente del poblado Alcomún, se aprecia con una longitud de 2.3 km, por 1.3 km de ancho, su eje axial presenta un rumbo N W 40º SE, el flanco poniente buza al NE con echados de 15º a 28º y el flanco oriente buzando al SW con 9º a 22º; la estructura deforma a rocas sedimentarias clásticas, areniscas, limolitas y conglomerado de color rojo de la Formación Cerro de la Vieja (Kace Ar-Cgp) y en ambos flancos aflorando las calizas arrecifales (KaCz).

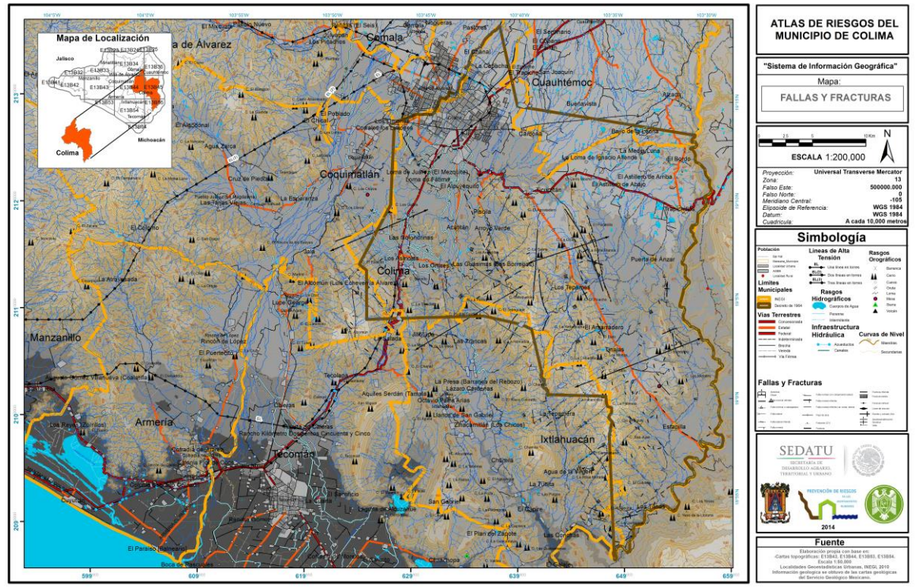


Figura 5.89.- Fallas y fracturas en el municipio de Colima.

FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS[165]

Término genérico empleado para designar ciertos fenómenos del tiempo, que dependen mayormente a las modificaciones del vapor del agua en la atmósfera.

Los fenómenos hidrometeorológicos están clasificados en función a los agentes perturbadores de la atmósfera que son producto de la condensación o sublimación de vapor de agua atmosférica, como son los ciclones tropicales, lluvias torrenciales, inundaciones, nevadas, granizadas, mareas de tempestad e inversiones térmicas. La magnitud de los daños que generan difiere ampliamente por su origen, naturaleza, grado de predictibilidad, probabilidad y control, así como por la velocidad con la que aparecen, por su alcance y por los efectos destructivos en la población, en los bienes materiales y en la naturaleza.

De los fenómenos naturales que periódicamente azotan nuestro Estado, frecuentemente los Hidrometeorológicos son los que más daños causan, al originar inundaciones de diversas magnitudes y duración, aún en áreas donde no parecería factible, a ello se suman efectos orográficos y fenómenos meteorológicos convectivos (ascenso de humedad debido a diferencia de temperatura), que favorecen la ocurrencia de lluvias, esta diversidad de fenómenos produce la precipitación, con una secuela de avenidas que pueden generar desbordamiento de cauces e inundación de terrenos.

En razón de que las inundaciones no solamente dañan propiedades y ponen en peligro vidas humanas y de animales, sino que pueden producir escurrimientos rápidos que originen otros fenómenos como la erosión del suelo y el depósito de sedimentos, es indispensable emprender acciones coordinadas de protección, atendiendo a la intensidad con la que se presente y el riesgo que esta represente, por lo que deberá considerarse de baja intensidad, cuando el flujo de la corriente sobrepasa los niveles ordinarios, ocasionando daños moderados a algunos bienes, sin que exista un riesgo latente hacia la población, de media, cuando los daños son considerables, existen damnificados, y se genera una situación de riesgo inminente, y de alta, cuando se presentan numerosos daños humanos y materiales, damnificados y muertos, subsistiendo un alto grado de riesgo hacia la población y su entorno.

5.12 ONDAS CÁLIDAS Y GÉLIDAS

En el mundo, las altas y bajas temperaturas extremas se encuentran en las regiones típicamente cálidas y frías, respectivamente, sin embargo, se pueden presentar también en climas templados, que ocupan latitudes medias. En estas últimas, las temperaturas se consideran extremas cuando descienden sustancialmente de lo normal. Por ejemplo, mientras que en la Antártida una temperatura de -7 °C es considerada propia de un ambiente templado, en Florida ésta sería extremadamente fría (Engelbert, 1997).

Según Martin (2012) la ola de calor es un calentamiento importante del aire, o invasión de aire muy caliente, sobre una zona extensa y suele durar de unos días a unas semanas.

Las ondas de calor son un fenómeno natural que puede causar graves daños económicos, en el medio ambiente y efectos en la salud humana, como sucedió en Estados Unidos a mediados de julio de 1995, donde perecieron 830 personas, y tan sólo 525 fueron en la ciudad de Chicago (Changnon, y otros, 1996). En Europa, en el verano de 2003, se estima que las pérdidas de las cosechas fueron 12.3 billones de dólares y 35,000 decesos por las elevadas temperaturas, de éstos 15,000 ocurrieron en Francia, donde la mayoría fueron ancianos (FEMA, 2006). La península Ibérica fue uno de los lugares donde se registraron las temperaturas más altas e, incluso, superaron los 47°C. Mientras que, en Portugal los incendios forestales generaron daños en 1.6 billones de dólares (Fischer, y otros, 2007).

Por otra parte (Vidal, *et al*, 2010) indican que una onda cálida es definida por un período de tres o más días cuando la temperatura excede cierto umbral, que para el caso de México sería 26°C.

[165] *Idem.* CREC(2008)

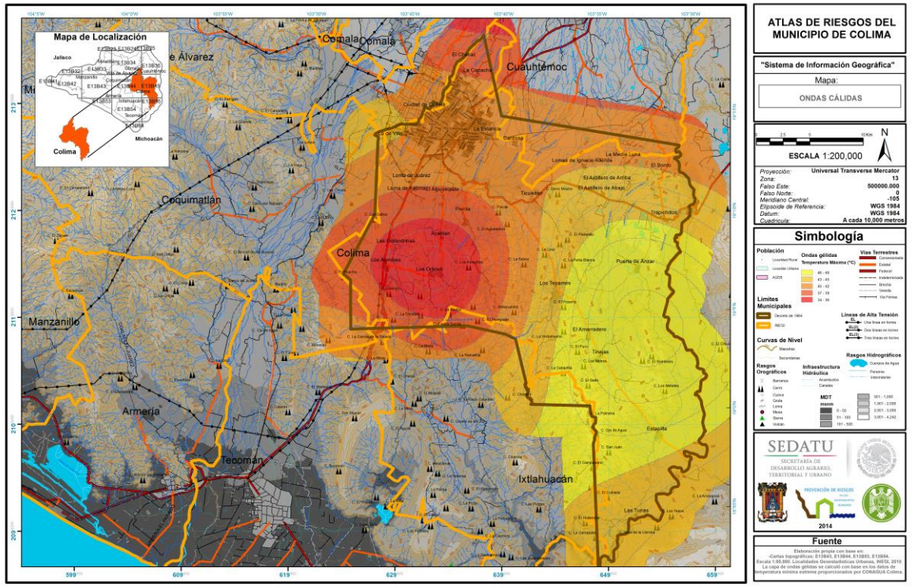


Figura 5.90.- Ondas cálidas en el municipio de Colima.

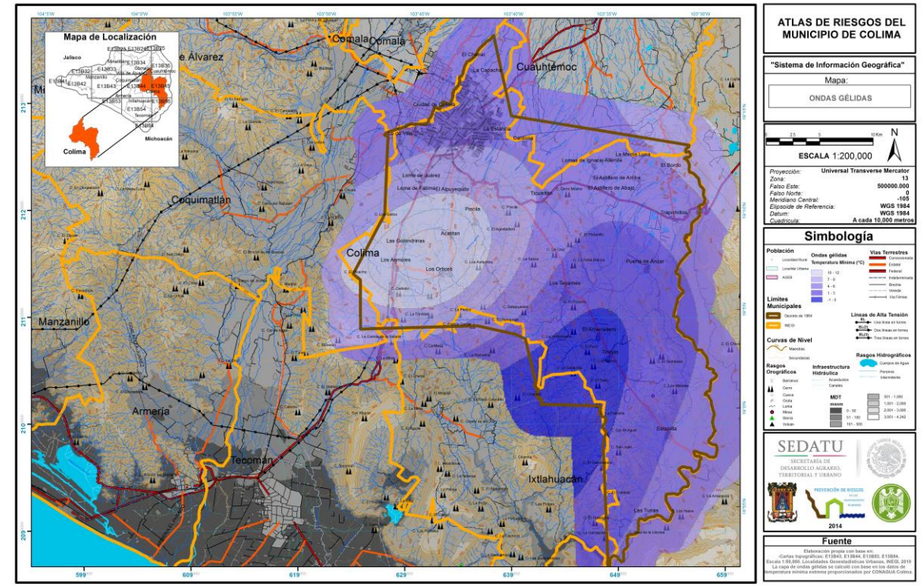


Figura 5.91.- Ondas gélidas en el municipio de Colima.

5.12.1 Metodología

Creación de una base de datos climatológicos de tres décadas que contengan las temperaturas máximas y mínimas extremas mensuales de cada una de las estaciones meteorológicas de la zona de estudio. Con los datos obtenidos se ajusta una distribución de probabilidad de valores extremos para cada una de las variables, mencionando el método por el cual se determinaron los estimadores. Finalmente, se determinan los periodos de retorno a 2, 5, 10, 25 y 50 años.

5.12.2 Memoria de Cálculo

Para la obtención de la Memoria de Cálculo se usaron registros de temperaturas máximas y mínimas extremas mensuales de 32 estaciones climatológicas, con información de los años 1949-2013. Dichas estaciones están localizadas alrededor del municipio de Colima y los datos fueron proporcionados por CONAGUA Colima. Se utilizó el programa HIDROESTA para ajustar los datos a una distribución de probabilidad.

A continuación se muestran los resultados de las distribuciones para temperaturas máximas para cada estación, la Tabla 5.60 contiene las distribuciones de probabilidad que tuvieron el mejor ajuste por cada estación, y las temperaturas máximas extremas para los periodos de retorno (TR) de 2, 5, 10, 25 y 50 años.

Tabla 5.60.- Distribuciones de probabilidad que tuvieron el mejor ajuste por cada estación, y las temperaturas máximas extremas para los periodos de retorno (TR) de 2, 5, 10, 25 y 50 años.

ONDAS GÉLIDAS						
ESTACIÓN	**TIPO DE DISTRIBUCION**	**TR 2**	**TR 5**	**TR 10**	**TR 25**	**TR 50**
CAMOTLÁN	GAMMA 2P	8.55	10.8	12.11	13.61	14.65
CHANDIABLO	NORMAL	16.12	20.02	22.06	24.24	25.64
CERRO DE ORTEGA	NORMAL	12.05	13.57	14.36	15.21	15.75
CALLEJONES	NORMAL	10.93	12.35	13.1	13.89	14.4
CIHUATLÁN	NORMAL	12.81	14.22	14.95	15.74	16.24
ARMERÍA	NORMAL	11.29	12.88	13.72	14.6	15.18
ÁVILA CAMACHO	NORMAL	4.98	7.64	9.03	10.52	11.48
BASILIO VADILLO	NORMAL	7.61	9.07	9.83	10.64	11.17
BUENAVISTA	NORMAL	9.16	10.7	11.51	12.37	12.93
EL AGODONAL	GUMBEL	8.26	9.54	10.38	11.45	12.25
LA POSTA-COSTEÑO	NORMAL	10.6	11.82	12.46	13.14	13.58
COQUIMATLÁN	NORMAL	10.6	12.07	12.84	13.66	14.18
CUAUHTÉMOC	NORMAL	9.96	11.74	12.67	13.67	14.31
EL TERRERO	NORMAL	0.03	1.37	2.07	2.81	3.3
ETACOMALA	GAMMA 3P	8.37	9.89	10.81	11.89	12.64
IXLTAHUACÁN	NORMAL	11.57	14.01	15.29	16.65	17.54
LA ESPERANZA	NORMAL	9.95	11.26	11.95	12.68	13.15
LA SALADA	LOG PEARSON TIPO 3	10.6	11.98	12.87	13.99	14.82

ONDAS GÉLIDAS						
ESTACIÓN	**TIPO DE DISTRIBUCION**	**TR 2**	**TR 5**	**TR 10**	**TR 25**	**TR 50**
ESTAPILLA	NORMAL	9.7	11.18	11.96	12.78	13.32
EL CHARCO	NORMAL	10.58	11.88	12.56	13.28	13.75
EL RADAR	NORMAL	13.68	15.23	16.04	16.91	17.47
TECOMÁN	LOG NORMAL 2P	11.48	12.93	13.77	14.71	15.36
LAGUNA DE AMELA	NORMAL	14.78	17.62	19.1	20.68	21.71
LOS ORTICES	GAMMA 2P	9.14	11.01	12.07	13.29	14.11
MADRID	NORMAL	11.88	13.02	13.61	14.24	14.65
MANZANILLO	GAMMA 2P	16.99	17.35	18.27	19.29	19.97
MINATITLAN	LOG NORMAL 2P	5.76	8.74	10.86	13.7	15.92
PEÑA COLORADA	GAMMA 2P	6.74	8.86	10.12	11.59	12.61
PEÑITAS	NORMAL	12.83	13.63	14.05	14.5	14.79
PUNTA DE AGUA	GAMMA 2P	10.65	13.52	15.2	17.13	18.46
RADAR DE CUYUTLÁN	NORMAL	13.68	15.23	16.04	16.91	17.47
SAN JOSÉ LUMBER	NORMAL	4.46	7.14	8.55	10.04	11.01
VELADERO DE LOS OTATES	NORMAL	7.8	9.61	10.56	11.57	12.23
PRESA TROJES	GAMMA 2P	9.91	11.6	12.56	13.64	14.36
TRAPICHILLOS	GAMMA 2P	8.7	11.48	13.13	15.06	16.4
TEPAMES	LOG NORMAL 2P	8.12	11.21	13.27	15.89	17.85

En la Tabla 5.61 están los resultados para las temperaturas mínimas extremas por estación.

Tabla 5.61.- Distribución de probabilidad de mejor ajuste para cada estación y la temperatura mínima extrema para los periodos de retorno (TR) de 2, 5, 10, 25 y 50 años.

ONDAS CÁLIDAS						
ESTACIÓN	**TIPO DE DISTRIBUCION**	**TR 2**	**TR 5**	**TR 10**	**TR 25**	**TR 50**
CAMOTLÁN	GUMBEL	35.98	38.27	39.79	41.71	43.13
CHANDIABLO	GAMMA 3P	36.7	38	38.86	39.93	40.71
CERRO DE ORTEGA	LOG PEARSON TIPO 3	37.18	38.27	38.92	39.69	40.22
CALLEJONES	LOG PEARSON TIPO 3	37.79	39.38	40.62	42.41	43.88
CIHUATLÁN	GAMMA 3P	37.14	38.42	39.14	39.94	40.48
ARMERÍA	LOG NORMAL 2P	36.13	37.64	38.46	39.35	39.94
ÁVILA CAMACHO	LOG PEARSON TIPO 3	39.29	40.27	40.82	41.44	41.86
BASILIO VADILLO	NORMAL	39.52	40.94	41.68	42.48	42.99

ONDAS CÁLIDAS						
ESTACIÓN	**TIPO DE DISTRIBUCION**	**TR 2**	**TR 5**	**TR 10**	**TR 25**	**TR 50**
BUENAVISTA	NORMAL	37.41	38.47	39.03	39.62	40
EL AGODONAL	GUMBEL	39.76	41.1	42.02	43.2	44.1
LA POSTA-COSTEÑO	GAMMA 3P	37.88	39.27	40.06	40.96	41.57
COQUIMATLÁN	NORMAL	39.12	40.36	41.02	41.71	42.16
CUAUHTÉMOC	NORMAL	35.95	37.41	38.18	39	39.52
EL TERRERO	NORMAL	28.43	29.97	30.78	31.64	32.2
ETACOMALA	NORMAL	36.8	37.65	38.09	38.57	38.88
IXLTAHUACÁN	LOG GUMBEL	38.66	39.86	40.67	41.71	42.5
LA ESPERANZA	GAMMA 3P	39.74	41.03	41.75	42.54	43.07
LA SALADA	GAMMA 3P	38.03	39.26	39.95	40.74	41.27
ESTAPILLA	LOG NORMAL 3P	39.03	40.52	41.47	42.64	43.49
EL CHARCO	NORMAL	37.5	38.8	39.47	40.2	40.66
EL RADAR	GAMMA 3P	33.56	34.85	35.66	36.61	37.28
TECOMÁN	LOG NORMAL 2P	38.14	39.26	39.85	40.5	40.92
LAGUNA DE AMELA	LOG NORMAL 3P	35.03	36.45	37.45	38.77	39.79
LOS ORTICES	GUMBEL	38.93	40.97	42.32	44.02	45.29
MADRID	NORMAL	37.37	37.98	38.3	38.64	38.86
MANZANILLO	GAMMA 3P	34.96	36.35	37.33	38.57	39.48
MINATITLÁN	LOG NORMAL 2P	37.22	38.41	39.05	39.74	40.19
PEÑA COLORADA	GAMMA 3P	36.95	38.62	39.56	40.62	41.33
PEÑITAS	NORMAL	39.19	40.02	40.45	40.91	41.21
PUNTA DE AGUA	LOG NORMAL 2P	38.25	39.03	39.45	39.9	40.19
RADAR DE CUYUTLÁN	NORMAL	36.6	37.11	37.38	37.67	37.85
SAN JOSÉ LUMBER	NORMAL	37.3	38.79	39.57	40.4	40.94
VELADERO DE LOS OTATES	NORMAL	38.07	39.65	40.47	41.35	41.92
PRESA TROJES	NORMAL	39.63	40.59	41.1	41.63	41.98
TRAPICHILLOS	LOG NORMAL 2P	38.83	40.63	41.6	42.66	43.36
TEPAMES	NORMAL	40.43	42.38	43.39	44.48	45.18

Con los resultados obtenidos para las temperaturas máximas extremas se obtuvieron isolíneas. El método utilizado para estas temperaturas fue el de SPLINE (Interpola una superficie de ráster a partir de puntos utilizando una técnica de “spline” de curvatura mínima bidimensional) y se calcularon usando el programa de ARCGIS. Para las temperaturas mínimas extremas se usó el método IDW (Interpola una superficie de ráster a partir de puntos utilizando una técnica de distancia inversa ponderada), debido a que los datos tenían valores negativos.

5.12.3 Resultados del análisis Ondas Cálidas

Los resultados de análisis para ondas cálidas en el municipio de Colima muestran los siguientes resultados para un periodo de retorno de dos años (Figura 5.92), las comunidades de Cardona, La Estancia, La Capacha, El Chanal y la misma ciudad de Colima pueden esperar temperaturas máximas de 37°C. Para las comunidades de El Bordo, El Astillero de Arriba, Trapichillos, La Media Luna, Lomas de Ignacio Allende, Piscila, El Alpuyequito, Loma de Fátima, Loma de Juárez, Acatitán, Las Golondrinas, Piscila, Los Asmoles, Las Guásimas, Los Ortices, Potrerillos y Las Tunas, se esperan temperaturas máximas de hasta 38°C. Finalmente, en las comunidades de Estapilla, Tinajas, El Amarradero, Las Trancas, Los Tepames. Puerta de Ánzar, Ticuizitán y El Astillero de Abajo podrían tener golpes de calor con temperaturas de hasta 40°C siendo estas las máximas esperadas para el municipio en dicho periodo de retorno.

Los resultados del análisis para un periodo de retorno de cinco años (Figura 5.93) muestran que para las comunidades El Chanal, La Capacha y una fracción norte de la ciudad de Colima se esperan temperaturas máximas de 37°C, mientras que para la estancia y la mayor parte de la ciudad de Colima se pueden esperar temperaturas máximas de 38°C. Para las comunidades como El Bordo, Trapichillos, El Astillero de Abajo, El Astillero de Arriba, La Media Luna, Lomas de Ignacio Allende, Ticuizitán, Cardona, Lo de Villa, Loma de Juárez, Loma de Fátima, El Alpuyequito, Piscila, Acatitán, Las Golondrinas, Los Asmoles, Las Guásimas, Los Ortices, Estapilla, Potrerillos y Las Tunas, se esperan temperaturas máximas de 40°C. Finalmente para las comunidades de Tinajas, El Amarradero, Los Tepames, y Puerta de Ánzar se podrían tener golpes de calor con temperaturas de hasta 42°C, siendo estas las máximas esperadas para el municipio en dicho periodo de retorno.

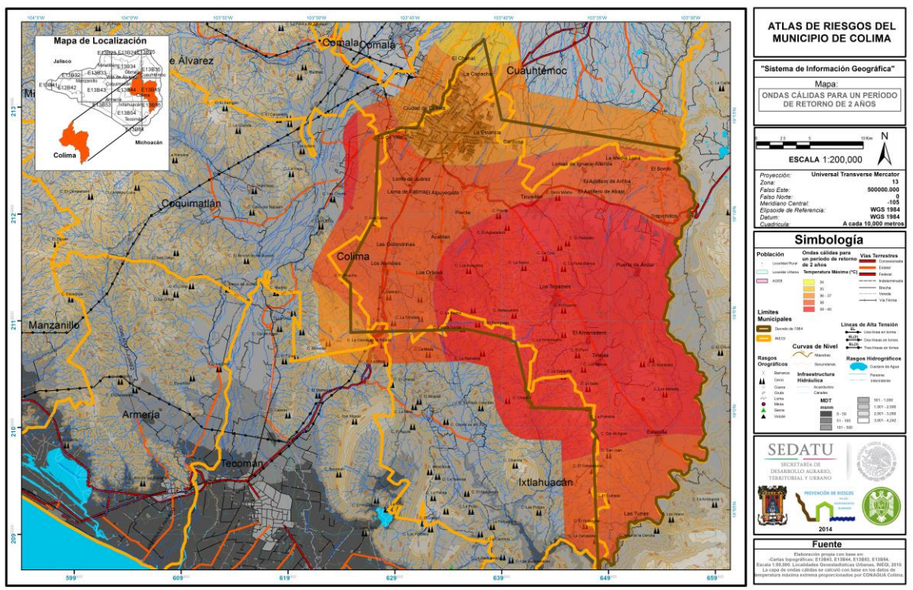


Figura 5.92.- Ondas cálidas en el municipio de Colima para un periodo de retorno de 2 años.

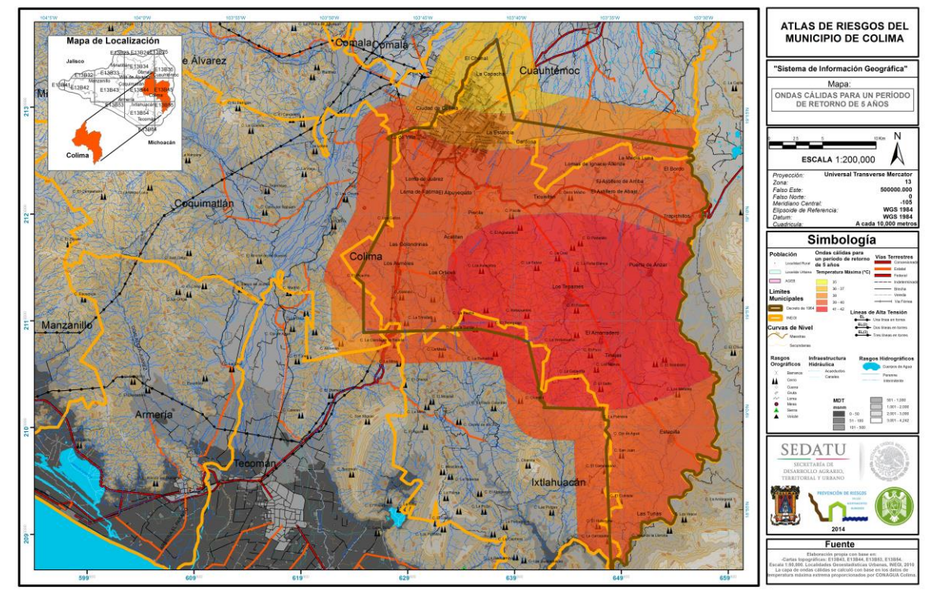


Figura 5.93.- Ondas cálidas en el municipio de Colima para un periodo de retorno de 5 años.

Los resultados del análisis para un periodo de retorno de 10 años (Figura 5.94), muestran que para las comunidades de El Chanal y La Capacha se esperan temperaturas máximas de 37°C, mientras que para la fracción norte de la ciudad de Colima se esperan temperaturas máximas de 38°C. Comunidades como Cardona, La Estancia y la parte sur de la ciudad de Colima pueden esperar temperaturas máximas de 39°C. Para las comunidades de Trapichillos, El Bordo, El Astillero de Arriba, El Astillero de Abajo, La Media Luna, Lomas de Ignacio Allende, Ticuizitán, El Alpuyequito, Loma de Juárez, Loma

de Fátima, Lo de Villa, Las Golondrinas, Los Asmoles, Estapilla, Potrerillos y Las tunas se puede esperar temperaturas máximas de hasta 41°C. Finalmente, las comunidades de Puerta de Ánzar, Los Tepames, El Amarradero, Tinajas, Los Ortices, Las Guásimas, Acatitán y Piscila podrían tener golpes de calor con temperaturas de hasta 43 °C, siendo estas las más altas esperadas para el municipio en dicho periodo retorno.

Los resultados de análisis para un periodo de retorno de 25 años (Figura 5.95), muestran que para las comunidades de El Chanal y La Capacha se esperan temperaturas máximas de 38°C, mientras que La Estancia, y la fracción norte de la ciudad de Colima esperan temperaturas máximas de 39°C. En Cardona, Lo de Villa y la fracción sur de la ciudad de Colima se esperan temperaturas máximas de 40°C. Se pueden esperar temperaturas de hasta 42°C para las comunidades de Trapichillos, El Bordo, El Astillero de Arriba, El Astillero de Abajo, La Media Luna, Lomas de Ignacio Allende, Ticuizitán, El Alpuyequito, Loma de Fátima, Loma de Juárez, Los Asmoles, Estapilla, Potrerillos y Las Tunas. Sin embargo las temperaturas más altas para este periodo de retorno en el municipio se esperan en las comunidades de Puerta de Ánzar, Los Tepames, El Amarradero, Tinajas, Piscila, Acatitán, Las Guásimas, Los Ortices, Las Golondrinas, con valores máximos de hasta 44°C.

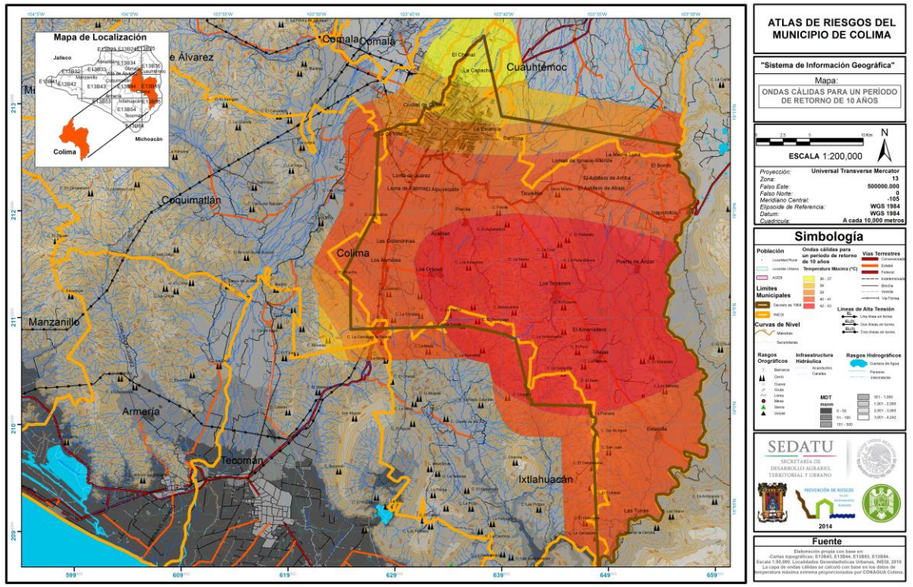


Figura 5.94.- Ondas cálidas en el municipio de Colima para un periodo de retorno de 10 años.

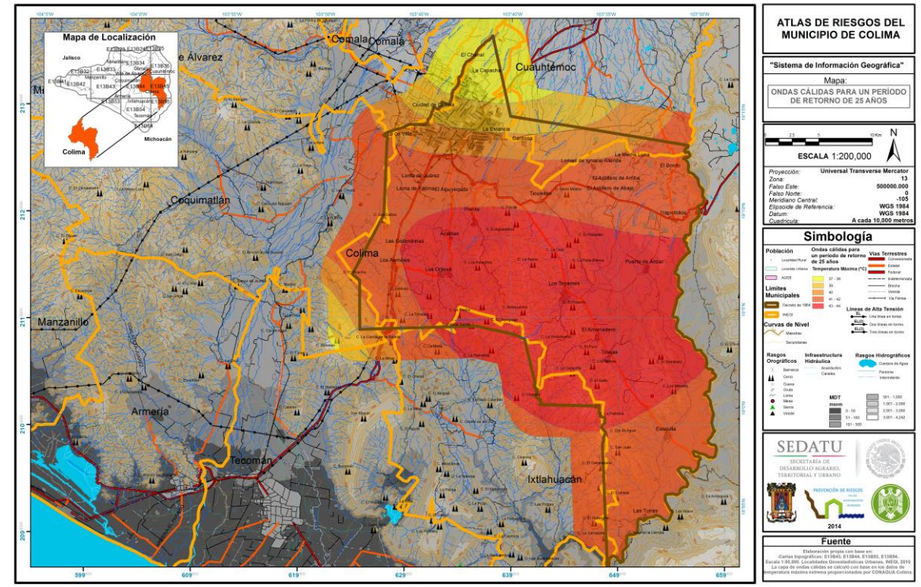


Figura 5.95.- Ondas cálidas en el municipio de Colima para un periodo de retorno de 25 años.

Los resultados de análisis para un periodo de retorno de 50 años (Figura 5.96), muestran que las comunidades de El Chanal y La Capacha pueden esperar temperaturas máximas de 38°C, mientras que en Cardona, La Estancia, Lo de Villa y la ciudad de Colima se esperan temperaturas máximas de 41°C. En Trapichillos, El Bordo, El Astillero de Arriba, El Astillero de Abajo, Ticuizitán, El Alpuyequito, Loma de Juárez, Loma de Fátima, Los Asmoles y Estapilla se pueden esperar temperaturas máximas de 43°C. Sin embargo, las temperaturas más altas para dicho periodo de retorno en el municipio se esperan en Tinajas, El Amarradero, Los Tepames, Puerta de Ánzar, Piscila, Acatitán, Las Golondrinas, Las Guásimas y Los Ortices con valores máximos de hasta 45°C.

5.12.4 Resultados del análisis Ondas Gélidas

Los resultados del análisis para ondas gélidas en el municipio son los siguientes; para un periodo de retorno de 2 años (Figura 5.97), las comunidades de Las Tunas, El Alpuyequito, Loma de Fátima, Loma de Juárez, Lo de Villa, La Estancia, y la ciudad de Colima esperan temperaturas mínimas de 11°C, mientras que en Estapilla, Tinajas, Las Guásimas, Los Ortices, Los Asmoles, Las Golondrinas, Acatitán, Piscila, Ticuizitán, Lomas de Ignacio Allende, Cardona, La Capacha y El Chanal se pueden esperar temperaturas mínimas de 9°C. Las temperaturas más bajas en el municipio para dicho periodo de retorno se pueden esperar en El Bordo, El Astillero de Arriba, El Astillero de Abajo, Trapichillos, Puerta de Ánzar, Los Tepames y El Amarradero con valores mínimos de hasta 8°C.

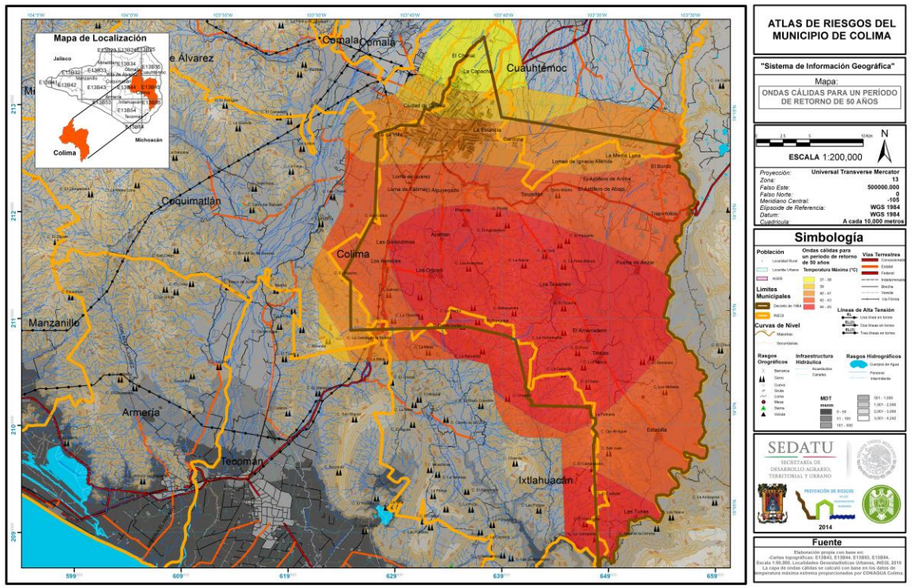


Figura 5.96.- Ondas cálidas en el municipio de Colima para un periodo de retorno de 50 años.

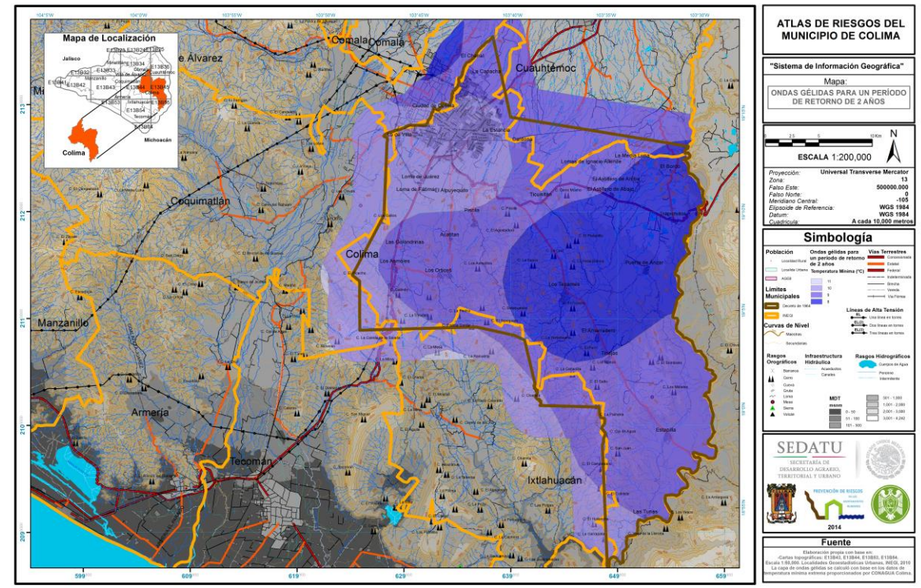


Figura 5.97.- Ondas gélidas en el municipio de Colima para un periodo de retorno de 2 años.

Los resultados del análisis para un periodo de retorno de 5 años (Figura 5.98), muestran que prácticamente todas las comunidades que comprenden al municipio de Colima podrían esperar temperaturas mínimas de 11°C.

Los resultados de análisis para un periodo de retorno de 10 años (Figura 5.99), muestran que las comunidades de las Trancas, El Amarradero, Los Tepames, Puerta de Ánzar y Trapichillos podrían esperar temperaturas mínimas de 14°C, mientras que en La Media Luna, El Astillero, de Arriba, El Astillero de Abajo, El Bordo, Ticuizitán, La Estancia, la ciudad de Colima, Lo de Villa, Loma de Juárez, Loma de Fátima, El Alpuyequito, Piscila, Acatitán, Las Golondrinas, Las Guásimas, Los Ortices, Los Asmoles, Las Tinajas y Las Tunas se esperan temperaturas mínimas de 12°C. En Estapilla, El Chanal y La Capacha se pueden esperar temperaturas mínimas de hasta 11°C.

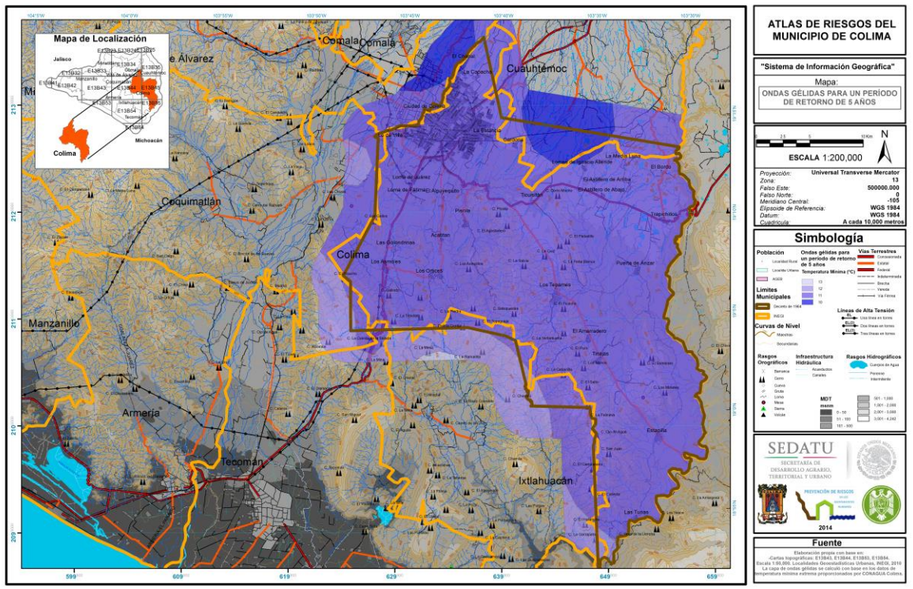


Figura 5.98.- Ondas gélidas en el municipio de Colima para un periodo de retorno de 5 años.

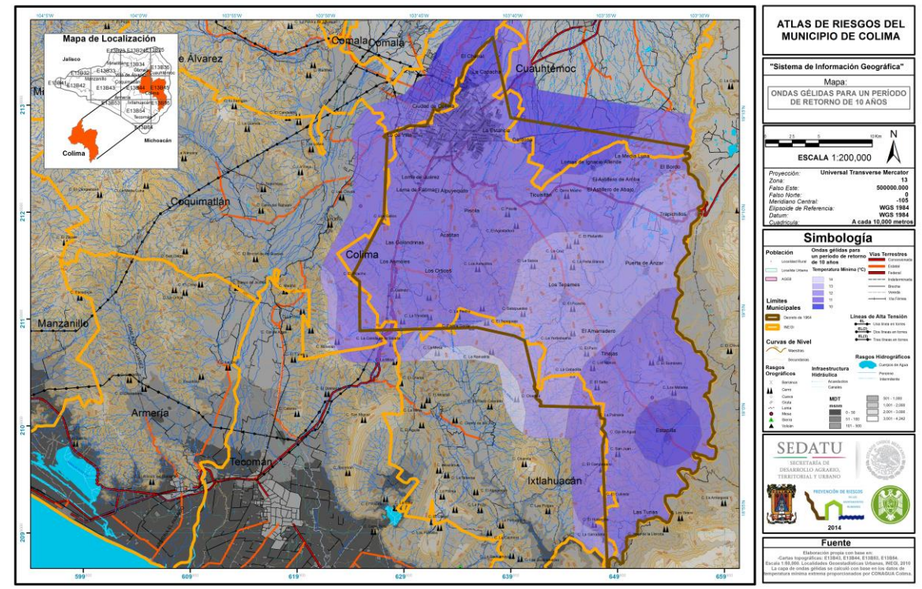


Figura 5.99.- Ondas gélidas en el municipio de Colima para un periodo de retorno de 10 años.

Los resultados del análisis para un periodo de retorno de 25 años (Figura 5.100), muestran que Los Tepames, El Amarradero, Puerta de Ánzar y Trapichillos podrían esperar temperaturas mínimas de 15°C, mientras que en El Bordo, El Astillero de Arriba y El Astillero de Abajo se esperan temperaturas mínimas de 14°C. En La Media Luna, Ticuizitán, Los Ortices, Las Guásimas, Los Asmoles, Las Golondrinas, Acatitán, Piscila, El Alpuyequito, Loma de Fátima, Loma de Juárez, Lo de Villa, La Estancia y la ciudad de Colima, se podrían esperar temperaturas mínimas de 13°C. Las temperaturas más bajas se esperan en Estapilla, El Chanal y La Capacha con valores mínimos de 12°C.

Los resultados del análisis para un periodo de retorno de 50 años (Figura 5.101), muestran que Tinajas, El Amarradero, Puerta de Ánzar, Los Tepames, Trapichillos, El Bordo, El Astillero de Arriba, El Astillero de Abajo y Ticuizitán podrían esperar temperaturas mínimas de 15°C, mientras que en Los Asmoles, Las Golondrinas, Los Ortices, Las Guásimas, Acatitán, Piscila, Ticuizitán y La Media Luna se esperan temperaturas mínimas de 14°C. En Estapilla, El Alpuyequito, Loma de Fátima, Loma de Juárez, Lo de Villa, la ciudad de Colima, La Estancia, Cardona, El Chanal y La Capacha se esperan temperaturas mínimas de 13°C.

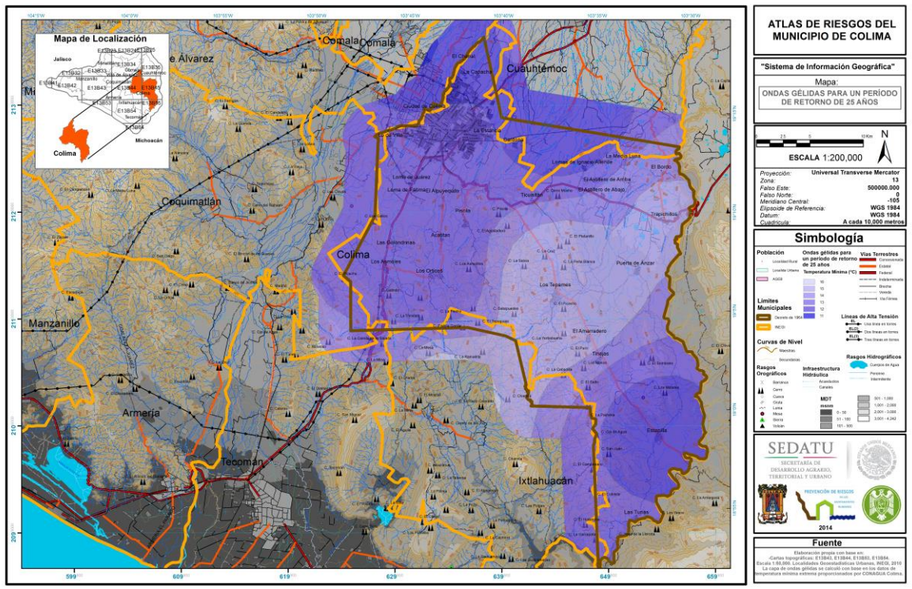


Figura 5.100.- Ondas gélidas en el municipio de Colima para un periodo de retorno de 25 años.

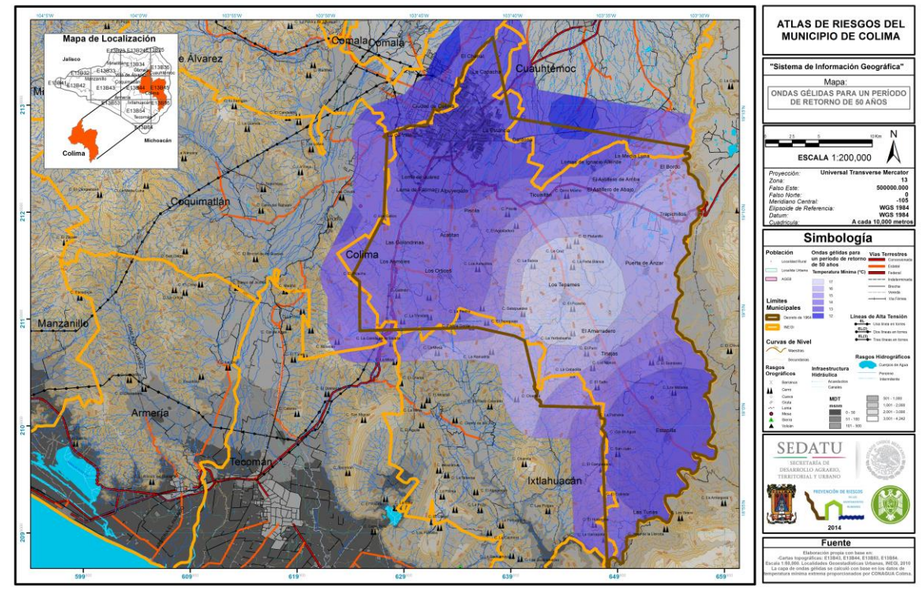


Figura 5.101.- Ondas gélidas en el municipio de Colima para un periodo de retorno de 50 años.

5.13 SEQUÍAS

Basadas en diversas perspectivas profesionales o en la actividad económica que afectan: como la agricultura, ganadería, industria, recreación, turismo, etcétera, de este concepto existen varias definiciones, así desde el punto de vista meteorológico, representa, precipitación pluvial significativamente más pequeña que el promedio o que un valor específico durante cierto período de tiempo; desde el punto de vista hidrológico, déficit de agua pluvial y de escurrimientos superficiales y subterráneos; desde el punto de vista de la agronomía, período de tiempo durante el cual la humedad en el suelo es insuficiente para producir una cosecha; y desde el punto de vista del consumo de agua, período durante el cual la demanda excede al suministro de agua, esto significa que depende del uso de agua y de la cantidad de usuarios.

Por tratarse de un fenómeno complicado, de diferentes facetas, para acotar su tratamiento es necesario adoptar algún punto de partida, y otro de arribo, para tal efecto se acepta la definición siguiente: Sequía es un fenómeno meteorológico que ocurre durante uno o varios meses cuando la precipitación pluvial es menor que el promedio y afecta adversamente a las actividades humanas.

5.13.1 Clasificación

Las sequías se clasifican en función del clima prevaleciente o por su magnitud.

a) Por clima: permanentes, se producen en zonas con climas áridos; estacionales, se observan en sitios con temporadas lluviosas bien definidas; contingentes, se presentan en cualquier época del año debido a períodos prolongados de calor, a la falta de lluvias o a la coincidencia de ambos; e invisibles, ocurren cuando las lluvias de verano no cubren las pérdidas de humedad por evaporación.
b) Por magnitud: leves, son causadas por la escasez parcial de lluvias y no repercuten de manera importante en la producción ni en la economía; moderadas, son originadas por una disminución significativa en la precipitación pluvial que afecta la producción agrícola; severas, se producen por la disminución general o total de lluvias, con daños cuantiosos a la producción; y extremadamente severas, se producen por el proceso permanente de escasez de agua que provoca crisis en la agricultura y en la ganadería, que afectan a la economía y a la sociedad.

5.13.2 Daños ocasionados

Los daños que causan las sequías dependen de su duración e intensidad; y en función de lo anterior, de la necesidad de agua que tengan en ese lapso los seres vivos y las actividades económicas en desarrollo.

Al presentarse una sequía sus efectos se manifiestan en:

a) Desequilibrio ecológico. Deshidratación y muerte de la flora, migración y/o muerte de la fauna; degradación y/o destrucción de los bosques, y debilitamiento, acidez y desertificación de los suelos.
b) Deterioro de la producción agrícola. Pérdida de cultivos que conlleva al empobrecimiento de los campesinos, escasez de alimentos que produce desabasto, lo que genera encarecimiento de los productos, acaparamiento y especulación.
c) Disminución del hato ganadero. Pérdida de animales por hambre y por la aparición de epizootias.
d) Reducción de la actividad industrial. Cortes de producción y descenso en la calidad de los productos que repercuten en la capacidad de expansión de la economía; los núcleos de captación de divisas y la generación de empleos principalmente.
e) Deterioro de la Salud Pública. Falta de higiene que provoca epidemias, hambruna y mortandad.
f) Migración campesina. Genera migraciones masivas del área rural ante las condiciones negativas de subsistencia.

Las sequías que afectan al estado son de tipo contingentes, es decir, se presentan en cualquier época del año debido a períodos prolongados de calor y falta de lluvias, son de magnitud moderada y se presentan en todo el territorio.

Si bien es cierto, los daños provocados por las sequías, no se producen de manera alarmante en nuestra entidad, si llegan a ser significativos en la economía del estado.

Es debido a que este tipo de fenómeno presenta un inicio lento, difícil de reconocer con certidumbre, hasta que se manifiestan sus primeros efectos (cauces de ríos secos, y cultivos marchitos), que es importante establecer no sólo un plan de contingencia, que nos permita reaccionar ante los efectos de la calamidad, sino adoptar acciones de coordinación que permitan establecer políticas de uso de agua, a fin de disminuir los efectos negativos durante su manifestación, y a la población, poner en práctica medidas de prevención, que reduzcan la intensidad de sus efectos, aplicadas a los factores orográficos, a la cobertura vegetal de su entorno y al uso de suelo del lugar.

Así, las sequías podrán considerarse de baja intensidad, cuando sus efectos sean moderados, repercutiendo en la población únicamente en lo económico, con pérdidas de cultivos en áreas no muy extensas, superándose la contingencia en un período no muy largo de tiempo, sin que esta represente un riesgo gradual y progresivo a la integridad de las personas; de media, cuando los efectos repercutan desfavorablemente en lo económico y social, con pérdidas importantes en cultivos, animales y en la producción, y considerablemente en la salud de las personas; y de alta, cuando causa numerosos daños humanos y materiales, repercutiendo de manera importante en pérdidas de cultivos y de animales, paro de la producción industrial, emigración obligada hacia regiones menos afectadas, retroceso en el nivel de vida de las poblaciones afectadas.

5.13.3 Metodología

Para el cálculo del peligro por sequías se utilizó el índice de severidad propuesto por Hernández, *et al*, 2000[166]. Se utilizaron datos de precipitación media mensual histórica de 33 estaciones meteorológicas de la CONAGUA (2013) ubicadas en el estado de Colima y se incluyeron 3 estaciones más del estado de Jalisco cercanas al territorio colimense, para obtener información más precisa en los procesos posteriores de interpolación. Para el cálculo del índice de severidad (I.S.) se compararon los datos de precipitación mensual con sus respectivas medias como a continuación se muestra:

$$I.S = \left| \frac{Sum\ (Yi) - Sum\ \ (Xi)}{Sum\ \ (Xi)} \right|$$

Donde:

I.S = Índice de Severidad [Adimensional]
SUM (Yi) = sumatoria de todos los datos Yi tales que Yi <Xi [mm/mes]
SUM (Xi) = sumatoria de todos los datos Xi tal que Xi > Yi [mm/mes]
Yi = precipitación mensual para el mes i [mm/mes]
Xi = precipitación mensual promedio para el mes i que comprende el periodo de observación [mm/mes]

Se obtuvo un promedio de índice de severidad para todo el periodo de estudio y para cada estación. Posteriormente mediante un SIG se realizó una interpolación con la técnica de SPLINE de curvatura mínima dimensional, la cual interpola una superficie de ráster a partir de puntos con valores conocidos, lo cual nos permitió obtener un mapa regional.

La Sequía meteorológica se clasifica en 8 grados de acuerdo a los valores obtenidos; Extremadamente Severo (>.8) Muy Severo (0.6-.08), Severo (50-60), Muy Fuerte (0.4-0.5), Fuerte (0.35-0.40), Leve (<35). (Sancho y Cervera, *et al*., 1980).

5.13.4 Memoria de Cálculo

A continuación en la Tabla 5.62 se muestra el índice de aridez para cada estación meteorológica del periodo de 1980 a 2013.

Tabla 5.62.- Aridez para cada estación meteorológica del periodo de 1980 a 2013.

ESTACIÓN	MUNICIPIO	ESTADO	LATITUD	LONGITUD	ÍNDICE DE ARIDEZ [ADIMENSIONAL]
CAMOTLÁN	MANZANILLO	COLIMA	19.22258	-104.23245	0.52
CHANDIABLO	MANZANILLO	COLIMA	19.20905	-104.336022	0.53
CERRO DE ORTEGA	TECOMÁN	COLIMA	18.7589	-103.725544	0.51
CALLEJONES	TECOMÁN	COLIMA	18.816	-103.632706	0.47
CIHUATLÁN	CIHUATLÁN	JALISCO	19.23333	-104.566667	0.53
ARMERÍA	ARMERÍA	COLIMA	18.95151	-103.945247	0.51

[166] Hernández Cerda, María Engracia. Sequía Meteorológica

ESTACIÓN	MUNICIPIO	ESTADO	LATITUD	LONGITUD	ÍNDICE DE ARIDEZ [ADIMENSIONAL]
ÁVILA CAMACHO	MANZANILLO	COLIMA	19.29018	-104.249956	0.42
BASILIO VADILLO	EJUTLA	JALISCO	19.91731	-104.063747	0.43
BUENAVISTA	CUAUHTÉMOC	COLIMA	19.24879	-103.612456	0.41
EL AGODONAL	COQUIMATLÁN	COLIMA	19.24541	-103.958072	0.49
LA POSTA-COSTEÑO	COLIMA	COLIMA	19.21838	-103.720856	0.44
COQUIMATLÁN	COQUIMATLÁN	COLIMA	19.21008	-103.806469	0.44
CUAUHTÉMOC	CUAUHTÉMOC	COLIMA	19.32786	-103.599056	0.39
EL TERRERO	MINATITLÁN	COLIMA	19.45757	-103.959631	0.54
ETA COMALA	COMALA	COLIMA	19.3122	-103.756231	0.43
IXLTAHUACÁN	IXTLAHUACÁN	COLIMA	19.01444	-103.732614	0.54
LA ESPERANZA	COQUIMATLÁN	COLIMA	19.1818	-103.863375	0.49
LA SALADA	TECOMÁN	COLIMA	19.06109	-103.786144	0.43
ESTAPILLA	COLIMA	COLIMA	18.98279	-103.532581	0.40
EL CHARCO	MANZANILLO	COLIMA	19.24507	-104.499222	0.50
EL RADAR	ARMERÍA	COLIMA	18.93861	-104.100436	0.47
TECOMÁN	TECOMÁN	COLIMA	18.90821	-103.867439	0.51
LAGUNA DE AMELA	TECOMÁN	COLIMA	18.80301	-103.9405	0.50
LOS ORTICES	COLIMA	COLIMA	19.1157	-103.733931	0.50
MADRID	TECOMÁN	COLIMA	19.11233	-103.883931	0.47
MANZANILLO	MANZANILLO	COLIMA	19.04423	-104.318433	0.53
MINATITLÁN	MINATITLÁN	COLIMA	19.3858	-104.052603	0.44
PEÑA COLORADA	MINATITLÁN	COLIMA	19.36434	-104.093389	0.43
PEÑITAS	COMALA	COLIMA	19.32719	-103.812453	0.42
PUNTA DE AGUA	MANZANILLO	COLIMA	19.16339	-104.265917	0.50
RADAR DE CUYUTLÁN	ARMERÍA	COLIMA	18.93535	-104.100286	0.48
SAN JOSE LUMBER	MANZANILLO	COLIMA	19.19694	-104.127164	0.40
VELADERO DE LOS OTATES	MANZANILO	COLIMA	19.26087	-104.340556	0.44
PRESA TROJES	PIHUAMO	JALISCO	18.96953	-103.397267	0.35
TRAPICHILLOS	COLIMA	COLIMA	19.1621	-103.522019	0.40
TEPAMES	COLIMA	COLIMA	19.105	-103.620283	0.50

5.13.5 Análisis de Resultados

De acuerdo al análisis del peligro hecho para el fenómeno de sequías (Figura 5.102) se tiene que las comunidades de El Bordo, Trapichillos, La Media Luna, Buenavista, y Estapilla se encuentran en un grado Leve de sequía. Las comunidades de Las Tunas, Tinajas, El Amarradero, Puerta de Ánzar, El Astillero de Abajo, El Astillero de Arriba, Lomas de Ignacio Allende, Ticuizitán, Cardona, La Estancia, El

Chanal, La Capacha, la ciudad de Colima, Lo de Villa, Loma de Juárez, Loma de Fátima, El Alpuyequito, Piscila, Acatitán, Las Golondrinas y Los Asmoles se encuentren en un grado Muy Fuerte de sequía. Sin embargo las comunidades de Los Tepames y Las Guásimas se encuentran frente a un grado Severo de sequía siendo este el más intenso en todo el municipio.

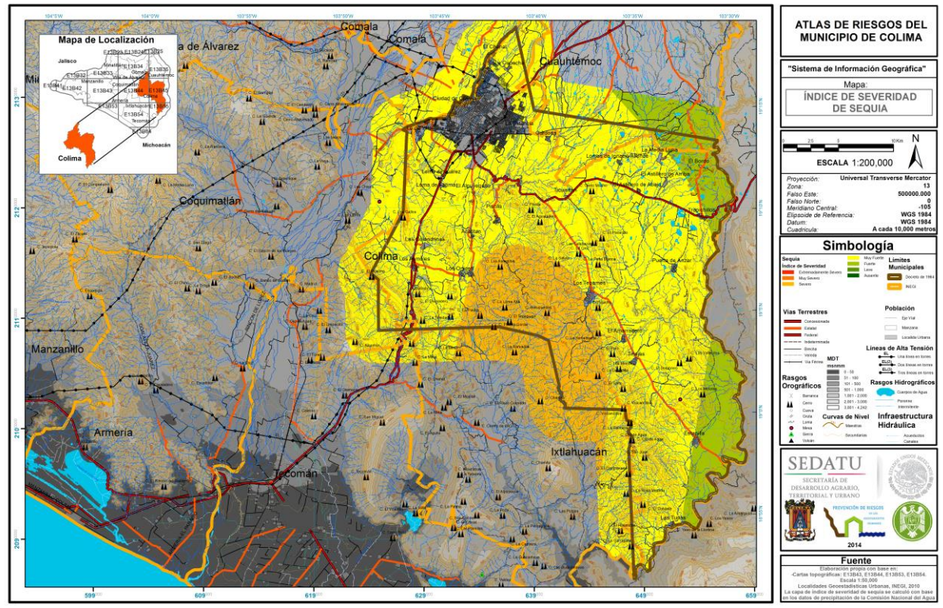


Figura 5.102.- Peligro de sequía en el municipio de Colima.

En análisis de sequía meteorológica nos dice que en el municipio de Colima sólo se presentan 3 grados de sequía; En la parte noreste y sureste del municipio el grado Fuerte representa el 14% del territorio (157 km^2), el grado Muy Fuerte se extiende por todo el centro y al noroeste del municipio, representando el 71% del territorio (781 km^2), mientras que el grado Severo que se extiende en la parte sur y centro representa el 15% del territorio municipal (163 km^2). Nuestros resultados muestran buena coincidencia con el estudio elaborado por Hernández Cerda y colaboradores para toda la República Mexicana.

.

5.14 HELADAS[167]

Una helada ocurre cuando la temperatura del aire húmedo cercano a la superficie de la tierra desciende a 0° C, en un lapso de 12 horas. Existen dos fenómenos que dan origen a las heladas; el primero consiste en la radiación, durante la noche, desde la Tierra hacia la atmósfera que causa la pérdida de calor del suelo; el otro es la advección, debido al ingreso de una gran masa de aire frío, proveniente de las planicies de Canadá y Estados Unidos.

Las heladas por radiación se forman en los valles, cuencas y hondonadas próximas a las montañas, ya que son zonas de acumulación de aire frío. Durante la noche desciende el aire húmedo y se concentra en las partes bajas. Para que esta helada ocurra, se requiere de la ausencia de viento, cielo despejado, baja concentración de vapor de agua, y fuertes inversiones térmicas en la superficie.

Las heladas por advección suelen tener vientos mayores de 15 km/h y sin inversión térmica. Estas heladas son muy dañinas ya que es muy difícil proteger los cultivos de la continua transferencia de aire frío que está en movimiento.

Las regiones con mayor incidencia de heladas en México son la Sierra Madre Occidental (en las Sierras Tarahumara, Chih., de Durango y Tepehuanes en Dgo.); además en las partes altas del Sistema Volcánico Transversal sobre el paralelo 19° N, esencialmente en los estados de México, Puebla y Tlaxcala, con más de 100 días al año con heladas.

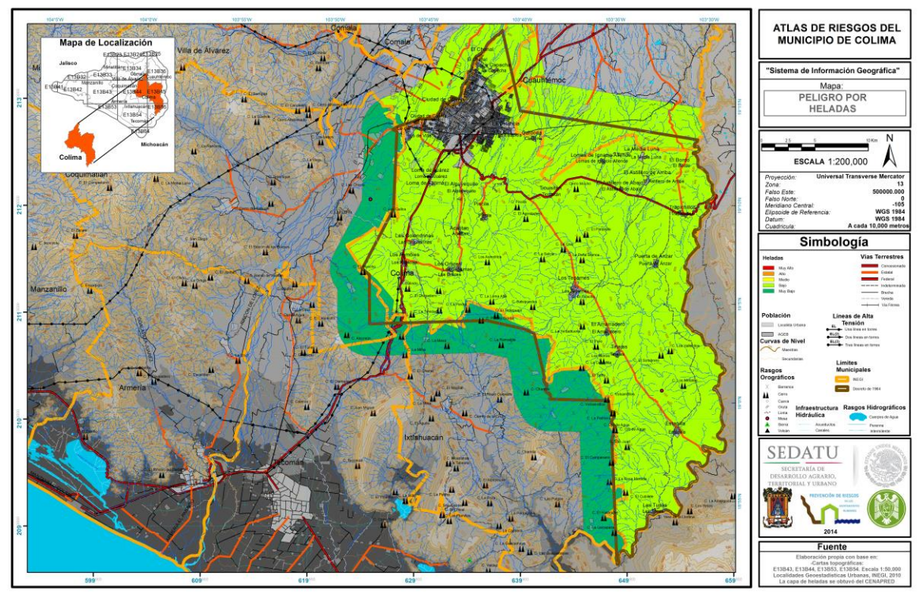


Figura 5.103.- Peligro de heladas en el municipio de Colima.

[167] *Idem*. CENAPRED 2001

5.15 TORMENTAS DE GRANIZO

Tipo de precipitación consistente en granos aproximadamente esféricos de hielo, las verdaderas piedras de granizo sólo se producen al inicio de alguna tormenta y cuando la temperatura del suelo es bastante inferior a la de congelación. Las gotas de agua formadas en las nubes de tipo "Cumulonimbo", son arrastradas verticalmente por corriente de aire turbulento con características de tormenta. Cuando las partículas de granizo se hacen demasiado pesadas para ser sostenidas por las corrientes de aire, caen hacia el suelo. Las piedras de granizo tienen diámetros que varían entre 2 mm y 13 cm.

Las granizadas no son muy frecuentes en el estado y cuando se presentan lo hacen por lo regular en la temporada de lluvias, principalmente en las zonas altas, fronterizas y selvas, este fenómeno atmosférico natural casi siempre se presenta de tamaño reducido y en poca cantidad. Sin embargo, la incidencia de granizadas se está incrementando a medida que disminuye la humedad ambiental y se radicalizan las temperaturas, con ello el tamaño del granizo ha aumentado, registrándose precipitaciones de “trozos” del tamaño de hielo chicos, que ya son peligrosos para personas y animales.

Al igual que otros fenómenos que parecerían más relevantes para establecer una estrategia de acción, este fenómeno puede llegar a tener efectos importantes hacia la población, bienes y entorno, por lo que se hace necesario el establecimiento de acciones de información, prevención y atención coordinadas, que respondan de manera oportuna y eficaz a las necesidades de protección a la población, sus bienes y su entorno ante la presencia de este tipo de calamidades, así, este fenómeno podrá considerarse de baja intensidad, cuando las partículas de granizo son de regular dimensión y producen daños moderados que pueden ser superados con un mínimo de esfuerzo, sin que representen un riesgo, de media, cuando las piedras de granizo se precipitan con una velocidad y dimensión importante, capaz de ocasionar daños considerables a bienes y entorno, representando además un riesgo para la integridad de las personas, y de alta, cuando los daños que ocasionan son numerosos e importantes, afectando gravemente bienes y poniendo en alto riesgo la vida de personas y animales.

5.15.1 Peligro

5.15.1.1 Metodología

Como lo indica la metodología de la SEDATU “Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo 2014”, se formó una base de datos con la información de las estaciones meteorológicas del Servicio Meteorológico Nacional de la Comisión Nacional del Agua. En la Figura 5.104 se muestra la ubicación geográfica de las estaciones de la cual se consiguió la base de datos desde 1951 a 2010. En color verde se muestran las estaciones que se encuentran dentro de los límites del municipio de Colima y en color azul aquellas que se localizan en el resto del estado de Colima.

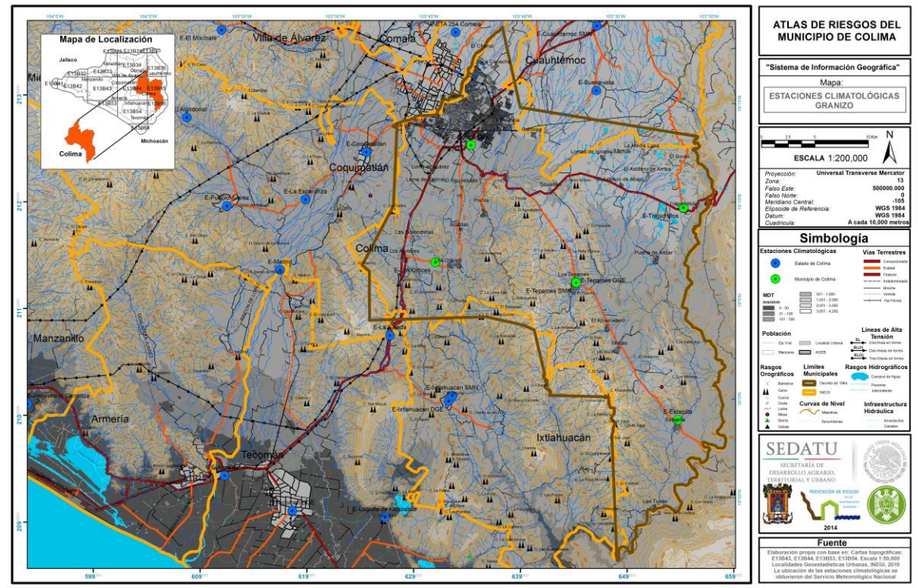


Figura 5.104.- Estaciones meteorológicas que registran días con granizo. Fuente: Elaboración propia con datos de la Comisión Nacional del Agua.

En la Tabla 5.63 se muestra la base de datos que se obtuvo de la Comisión Nacional del Agua correspondiente al período de 1951 a 2010. Los datos que se obtuvieron representan la media de días con granizo por mes.

Tabla 5.63.- Bases de datos de días promedio con granizo al mes durante el período de 1951 a 2010.

Estación	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	Promedio
Armería	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Buenavista	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.20	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.04
Callejones	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cerro de Ortega	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Chandiablo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Colima DGE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.01
Comala	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.03
Comatlán	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.01
Coquimatlán	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.20	0.02
Cuauhtémoc DGE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.20	0.10	0.10	0.00	0.00	0.50	0.04

Estación	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	Promedio
Cuauhtémoc SMN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00	1.00	0.08
El Algodonal	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
El Charco	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
El Mixcoate	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
El Terrero	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Estapilla	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ETA 254 Comala	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ixtlahuacán DGE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ixtlahuacán SMN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
La Esperanza	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
La Salada	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Laguna de Alcuzahue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Laguna de Amela	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Los Ortices V	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Los Ortices	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Madrid	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Manuel Ávila Camacho	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Minatitlán	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.01
Peñitas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.01
Pueblo Juárez	0.10	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.02
Punta de Agua DGE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Punta de Agua SMN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Quesería	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.60	0.40	0.10	0.00	0.00	0.00	1.30	0.11
San José de Lumber	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tecomán DGE	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.01
Tepames DGE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.01
Tepames SMN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.01
Trapichillos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Venustiano Carranza	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

En la Tabla 5.64 se muestra los datos de las estaciones que se encuentran dentro de los límites del municipio de Colima y que han registrado granizadas durante el periodo estudiado.

Tabla 5.64.- Datos de días con granizo de las estaciones climatológicas que se encuentran dentro de los límites del municipio de Colima.

Estación	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	Promedio
Colima DGE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.01
Estapilla	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Los Ortices	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tepames DGE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.01
Tepames SMN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.01
Trapichillos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

La representación gráfica de los datos se muestra en la Figura 5.105.

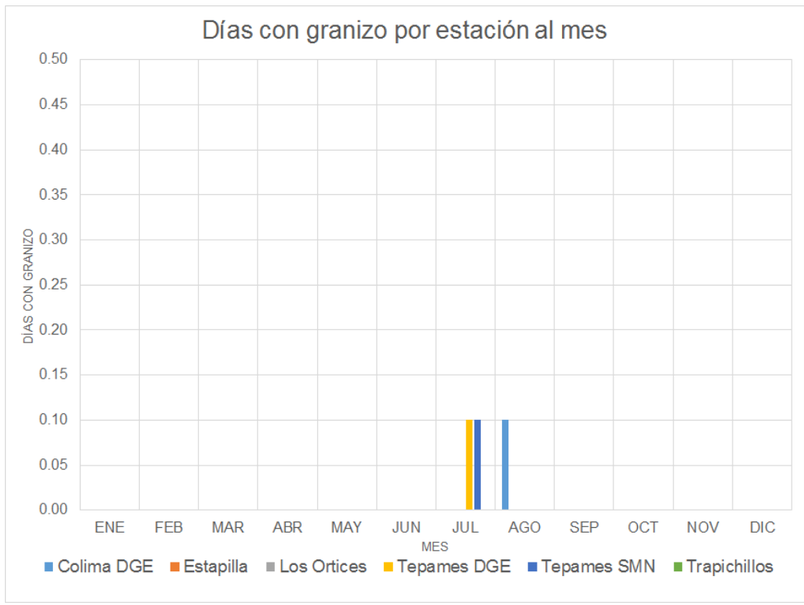


Figura 5.105.- Días con granizo por estación al mes.

Los datos anteriores se interpolaron utilizando un malla de 1 km^2 y el método IDW (*Inverse Distance Weighting*) el cual consiste en la interpolación del punto problema asignando pesos a los datos del entorno en función inversa de la distancia que los separa la fórmula general es:

$$\hat{z}_j = \sum_{i=1}^{n} k_{ij} \cdot z_i$$

donde $\hat{z}_j$ es el valor estimado para el punto *j* ; *n* es el número de puntos usados en la interpolación; z_i el valor en el punto *i*-ésimo y k_{ij} el peso asociado al dato *i* en el cálculo del nodo *j*. Los pesos *k* varían entre 0 y 1 para cada dato y la suma total de ellos es la unidad. Para establecer una función de proporcionalidad entre el peso y la distancia, la fórmula general queda como sigue:

$$\hat{z}_j = \frac{\sum_i \frac{z_i}{d_{ij}^{\beta}}}{\sum_i \frac{1}{d_{ij}^{\beta}}}$$

donde $k_{ij} = 1/d_{ij}^{\beta}$ y b es un exponente de ponderación que controla la forma en la que el peso disminuye con la distancia.

5.15.1.2 Memoria de cálculo

La Tabla 5.65 muestra los resultados del método de interpolación IDW a los datos de días con granizo en el municipio de Colima.

Tabla 5.65.- Malla de 1 km^2 con los datos del resultado de interpolar de los datos de días con granizo.

Celda	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
1																0.03	0.03	0.03																				
2														0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04																			
3													0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04																			
4												0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03	0.04																			
5												0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04																		
6											0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04																		
7											0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04																		
8										0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04																		
9									0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04															
10						0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04									
11					0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04			
12				0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03			
13				0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03			
14				0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02				
15				0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02			
16				0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01				
17				0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01			

Celda	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
18				0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01		
19				0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00		
20				0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00			
21			0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00			
22			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00			
23		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00				
24		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01				
25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01				
26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01					
27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01					
28		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01				
29		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01					
30		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01					
31		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01					
32		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00				
33		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
34				0.00	0.00	0.00	0.00									0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
35																		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
36																		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
37																		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
38																		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
39																			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
40																			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
41																					0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
42																								0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
43																								0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00		
44																								0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
45																									0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
46																									0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
47																									0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						
48																									0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
49																									0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			0.00					
50																									0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00								
51																									0.00	0.00	0.00	0.00	0.00									
52																											0.00	0.00										
53																											0.00											

5.15.1.3 Resultados

En la Tabla 5.65 muestra que en el municipio de Colima se han presentado un máximo de 1 a 2 días de granizada en promedio al mes por año.

Ponderación

Para determinar el índice de peligro por tormentas de granizo (IPTG) se utilizó como parámetro el número de días con granizo del mapa del Nuevo Atlas Nacional de México (Vidal, y otros, 2007), donde se tienen los intervalos que se muestran en la Tabla 5.66.

Tabla 5.66.- Número de días con granizadas.

Días
> 5
2 a 5
1 a 2
0 a 1
Sin granizo

A cada uno de los intervalos de la tabla anterior se le asignó un valor, el cual se calculó a partir de las diferencias de los límites superiores de los intervalos de los números de días con granizo, quedando de la siguiente forma:

Tabla 5.67.- Asignación de valores.

Número de días con granizo	Valor
> 5	7.5
2 a 5	3.5
1 a 2	1.5
0 a 1	5
Sin granizo	0

El cálculo del índice se realizó a partir de cada valor dividido entre el dato más alto. De esta forma se obtienen las siguientes categorías (Tabla 5.68).

Tabla 5.68.- Categorías sugeridas para el índice.

Número de días con granizo	Valor	Índice	Categoría
> 5	7.5	1	Muy Alto
2 a 5	3.5	0.47	Alto
1 a 2	1.5	0.2	Medio
0 a 1	5	0.07	Bajo
Sin granizo	0	0	Muy Bajo

En la Figura 5.106 se muestra el mapa de peligro por granizo en el municipio de Colima. En este mapa se muestra que las localidades de Estapilla, Los Ortices y Trapichillos se encuentran en un peligro Muy Bajo y el resto de las localidades tienen un peligro Bajo.

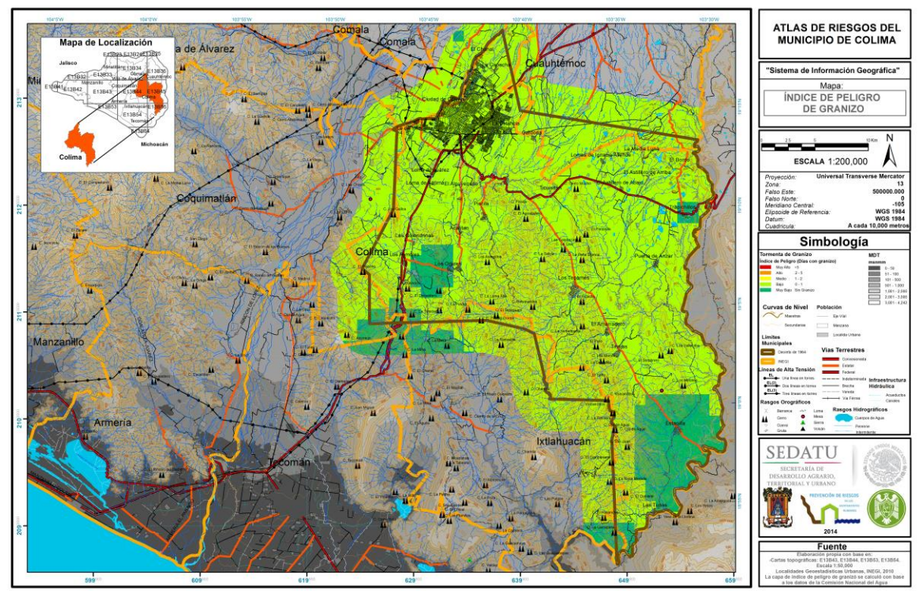


Figura 5.106.- Días con granizo en el municipio de Colima.

Tabla 5.69.- Localidades que se encuentran en peligro Muy Bajo ante una granizada.

Clave	Nombre de la Localidad	Total
0602074	Estapilla	354
0602092	Los Ortices	262
0602116	Trapichillos	110
	Total de Población en peligro	726

Tabla 5.70.- Localidades y población que se encuentra en peligro Bajo ante una granizada.

Clave	Nombre de la Localidad	POBTOT
0602001	Colima	137,383
0602049	Acatitán	196
0602053	El Alpuyequito	137
0602054	Los Asmoles	609
0602055	El Astillero de Abajo	147
0602056	El Astillero de Arriba	174
0602058	El Bordo	119
0602064	La Capacha	128
0602071	El Chanal	820
0602076	Las Golondrinas	200
0602077	Las Guásimas (Las Borregas)	516
0602088	La Media Luna	63
0602089	Loma de Juárez (El Mezquite)	172

Clave	Nombre de la Localidad	POBTOT
0602098	Piscila	1,352
0602102	Cardona	383
0602104	Puerta de Ánzar	294
0602109	Los Tepames	1,655
0602110	Ticuizitán	32
0602112	Tinajas	307
0602117	Las Tunas	236
0602150	La Loma de Ignacio Allende	81
0602177	Rancho Nuevo	15
0602189	Loma de Fátima	120
0602195	El Amarradero	179
0602672	Prados de la Estancia	39
	Total de población en peligro	145,357.00

5.15.1.4 Fichas Técnicas

Consultar el anexo B para ver este apartado.

5.15.1.5 Obras y Acciones

Se recomienda hacer talleres informativos de los efectos de las tormentas de granizo a la población del municipio de Colima con la finalidad de remarcar la importancia de mantenerse informados de los boletines que emite la Comisión Nacional del Agua a través del Servicio Meteorológico Nacional y la Unidad de Protección Civil Municipal.

Las granizadas puede afectar principalmente a le vegetación y viviendas hechas con materiales endebles como lámina de cartón en el techo. El granizo puede perforar las láminas y causar daños a la vivienda y las personas.

Ver el mapa de vulnerabilidad física de viviendas y plantear reforzar las viviendas que tengan vulnerabilidad física alta para evitar que en caso de impacto de una granizada, los proyectiles no puedan destruir la vivienda.

5.16 TORMENTAS DE NIEVE[168]

Las tormentas de nieve son una forma de precipitación sólida en forma de copos. Un copo de nieve es la aglomeración de cristales transparentes de hielo que se forman cuando el vapor de agua se condensa a temperaturas inferiores a la de solidificación del agua. La condensación de la nieve tiene la forma de ramificaciones intrincadas de cristales hexagonales planos en una variedad infinita de patrones.

Los copos de nieve tienen diferentes formas y tamaño, ello depende de la temperatura y humedad de la atmósfera, aunque todos presentan estructuras hexagonales debido a la manera en cómo se agrupan las moléculas de oxígeno e hidrógeno al congelarse el agua.

Los fenómenos meteorológicos que provocan las nevadas son los que ocurren generalmente durante el invierno, como son 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. Estos fenómenos provocar tormentas que pueden ser en forma de lluvia, aguanieve o nieve.

5.16.1 Daños generados por las nevadas

Los efectos negativos de las nevadas en la población son las bajas temperaturas que se asocian a ellas, que pueden provocar enfermedades en las vías respiratorias o en el peor de los casos, muerte por hipotermia lo cual ocurre, sobre todo, a indigentes o personas de bajos recursos económicos, por habitar en viviendas precarias.

En las ciudades, las nevadas pueden ocasionar graves daños como son: el desquiciamiento del tránsito, apagones y taponamiento de drenajes, acumulación de nieve en los techos de las casas y su colapso, bloqueo de caminos, congelamiento de la red de agua potable, suspensión de las actividades aéreas, suspensión de labores y clases en las escuelas.

En las zonas rurales, si el fenómeno es de poca intensidad, no provoca daños importantes a la agricultura; en cambio, si la nevada es fuerte, la afectación puede ser extensa, dependiendo del tipo de cultivo y de la etapa de crecimiento en la que se encuentre, el ganado que está a la intemperie puede morir congelado.

[168] Prieto González Ricardo, Avendaño García Ma. Asunción, Matías Ramírez Lucia G., Eslava Morales Héctor. (2010), "Tormentas severas. Serie Fascículos.", 1a. Edición, CENAPRED, México

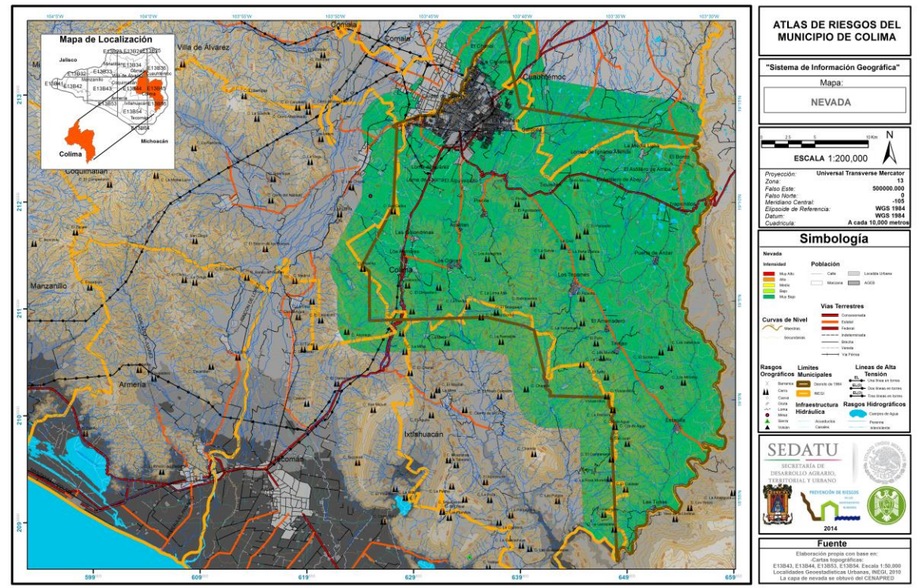


Figura 5.107.- Nevadas en el municipio de Colima.

5.17 CICLONES TROPICALES

Es el término genérico para designar una inestabilidad atmosférica asociada a un área de baja presión, la cual propicia vientos convergentes en superficie que fluyen en sentido contrario a las manecillas del reloj en el hemisferio norte. Se origina sobre las aguas tropicales o subtropicales y se clasifica por su intensidad de vientos en depresión tropical, tormenta tropical y huracán.

Depresión tropical. Es un ciclón tropical, en el que los vientos máximos sostenidos alcanzan una velocidad menor o igual a 62 km/h.

Tormenta tropical. Es un ciclón tropical, donde los vientos máximos sostenidos alcanzan velocidades entre los 63 y 118 km/h. Las nubes se distribuyen en forma espiral y comienza a desarrollarse un "ojo" pequeño. Cuando un ciclón alcanza esta intensidad, se le asigna un nombre preestablecido por la Asociación regional IV de la Organización meteorológica mundial.

Huracán. Sin duda, el más devastador de los fenómenos de origen hidrometeorológico ya que frecuentemente desencadena en lluvias intensas, desbordamiento de ríos, granizadas, temperaturas extremas, vientos fuertes y deslaves, por lo que vale la pena mencionar los fenómenos que lo anteceden.

Es un ciclón tropical, en el cual los vientos máximos sostenidos alcanzan o superan los 119 km/h. El área nubosa correspondiente cubre una extensión entre los 500 y 900 kilómetros de diámetro produciendo lluvias intensas. El centro del huracán, denominado ojo, alcanza normalmente un diámetro que varía entre los 20 y 40 kilómetros sin embargo, puede llegar hasta cerca de 100 kilómetros. En esta etapa se clasifica de acuerdo a la escala Saffir-Simpson.

5.17.1 Escala Saffir-Simpson

Corresponde a una escala que indica los daños potenciales que puede provocar un huracán, teniendo en cuenta la presión mínima, los vientos y la marea de tormenta causada por el sistema (Tabla 5.71).

Tabla 5.71.- Escala Saffir-Simpson.

Escala	Daños
1	Considerables daños a vegetación, árboles, follaje, viviendas sin cimientos y señalamientos mal construidos, inundaciones en zonas costeras bajas y daños menores en muelles, probablemente algunas embarcaciones pequeñas se sueltan de las amarras. Vientos sostenidos: 118-152 km/h, marejadas de 1.20 a 1.50 metros.
2	Caída de árboles, considerables daños en los techos de los edificios, ventanas y puertas, zonas costeras y rutas de escape cerradas por el aumento del nivel del agua 2 o 4 horas antes del paso del ojo del huracán, daños considerables a muelles, vientos sostenidos de 153 a 176 km/h, marejadas de 1.80 a 2.40 metros.
3	Daños estructurales en edificios pequeños, graves inundaciones en la costa, destrucción de estructuras cercanas a ésta por el embate de la olas y escombros flotantes, derrumbe total de los techos de algunas viviendas pequeñas, vientos sostenidos de 177 a 208 km/h, marejadas de 2.70 a 3.60 metros.
4	Inundaciones en zonas bajas situadas a menos de 3 metros sobre el nivel del mar, a una distancia de 9.5 kilómetros de la costa, erosión mayor en las playas, posiblemente se requiera el desalojo de todas las viviendas situadas a 500 metros de la playa o a 3 kilómetros de la costa, derrumbe de los techos de muchas casas y fábricas, vientos sostenidos de 209 de 248 km/h, marejadas de 3.90 a 5.40 metros.
5	Daños en cristales de puertas y ventanas, derrumbe total de algunos edificios, daños mayores en las plantas bajas de las estructuras situadas a menos de 500 metros de la playa. Es importante aclarar, que los efectos destructivos de este agente perturbador, dependen en gran medida de su proximidad a las zonas costeras o a que penetren en tierra firme.

5.17.2 Antecedentes históricos

El municipio de Colima es afectado por ciclones tropicales cada año en la temporada de mayo a octubre. El CENAPRED tiene un registro de los ciclones tropicales de un periodo de 65 años entre los que se encuentran las trayectorias que han afectado al municipio de Colima (Figura 5.108).

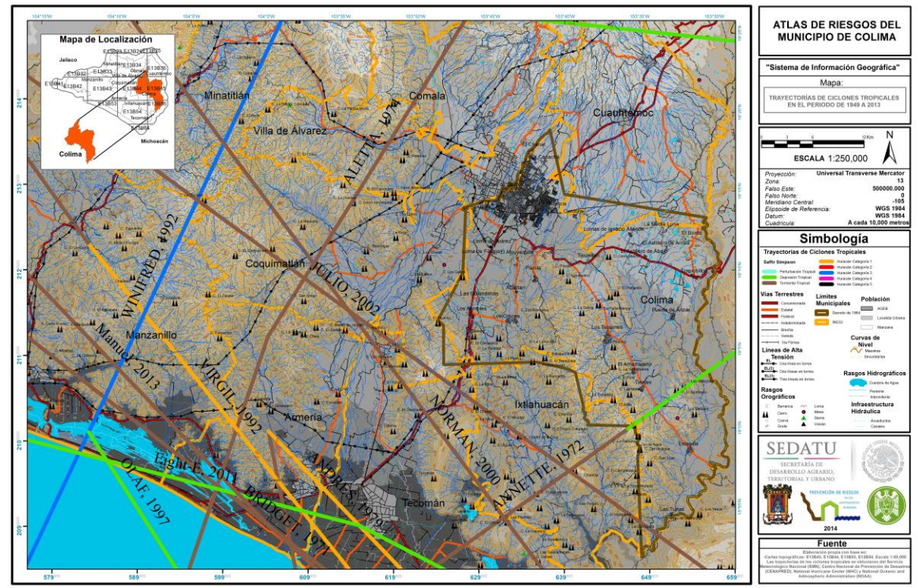


Figura 5.108.- Trayectorias de ciclones tropicales que han transitado por la zona de estudio en los últimos 65 años (1949-2013).

Mayo

Tormenta Tropical Aletta. Una perturbación tropical se formó al sur del Golfo de Tehuantepec, el 24 de mayo de 1974 (Figura 5.109), con una temperatura superficial del mar (SST) en la zona alrededor de 31° C. La perturbación se organizó lentamente durante las siguientes 60 horas, ya que se desprendía de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT). El 28 de mayo, la perturbación tropical, se transformó en la tormenta tropical Aletta. Esta recurvó al noreste y tocó tierra en el oeste de México el 30 de mayo; sin embargo los efectos fueron mínimos.[169]

[169] Eastern North Pacific Cyclones 1974 Part 1, Eastern North Pacific Cyclones 1974 Part 2.

Figura 5.109.- Trayectorias de ciclones tropicales en el período de 1949 a 2013 en el mes de mayo.

Junio

Huracán Bridget. Originado en junio 1971 (Figura 5.110) fue uno de los peores huracanes que golpeó a la ciudad de Acapulco. Se formó el 14 de junio como una depresión tropical, que es un ciclón tropical mínimo con vientos menos vigorosos al vendaval. Sin embargo, pronto se actualizó a una tormenta tropical, hasta que Bridget se intensificó de manera constante para convertirse en un huracán el 15 de junio. Después de alcanzar la categoría 2 de intensidad, se debilitó a tormenta tropical el 17 de junio, luego de tocar tierra en México. Horas más tarde, sin embargo, resultó en alta mar como una depresión tropical. Bridget se disipó el 20 de junio después de salir de graves daños y 17 muertes en el área de Acapulco[170].

Tormenta Tropical Annette. El 1 de junio de 1972 (Figura 5.110), una depresión tropical se transformó en una tormenta tropical. Poco a poco se trasladó al norte y luego recurvó al noreste, ya que se aceleró ligeramente. Se intensificó en un huracán el 4 de junio manteniendo esa fuerza por un día. Annette comenzó a debilitarse como una tormenta tropical, tocó tierra en el sureste de Manzanillo el 7 de junio. El día siguiente, se disipó hacia el interior.[171]. Annette llevó varios días de lluvia a diversas partes de México. Sin embargo, no hay muertes ni daños atribuidos a este ciclón tropical.

Huracán Andrés. Fue el único huracán en tocar tierra durante la temporada de huracanes del Pacífico en 1979 (Figura 5.110). Fue la primera tormenta con nombre, y el primer huracán de la temporada, se formó como una depresión tropical el 31 de mayo y al día siguiente, se intensificó rápidamente y paso a ser la tormenta tropical Andrés. A principios de junio, se convirtió en un huracán, y se acercó a la costa mexicana como huracán categoría 2. Se desintegró rápidamente a medida que se acercaba a la costa, y con el tiempo llegó a tierra como un huracán mínimo el 4 de junio, el ciclón se disipó poco

[170] Neil L. Frank (April 1972)."Atlantic Tropical Systems of 1971".
[171] Eastern North Pacif Hurricane Season of 1972

después.[172] Lluvias torrenciales provocaron extensas inundaciones en casas y afectación en los coches dejados en las calles. Los fuertes vientos también derribaron líneas de energía, dejando a muchos residentes sin electricidad. En altamar, dos pescadores murieron por la tormenta después de que su barco se hundió en medio del mar agitado.

Figura 5.110.- Trayectorias de ciclones tropicales en el período de 1949 a 2013 en el mes de junio.

Julio

Tormenta Tropical Eleanor. Se convirtió en depresión tropical el 10 de julio de 1975, 160 kilómetros al sur de Acapulco. La tormenta tropical se movió hacia el noroeste, y más tarde se curvaba hacia el norte. El sistema tocó tierra cerca de Manzanillo el 12 de julio de 1975 y rápidamente se disipó. Eleanor trajo vientos de 32 km/h a Manzanillo, pero los daños causados por la tormenta fueron menores debido a la falta de lluvias fuertes (Figura 5.111).[173]

---

[172] Blake, Eric S; Gibney, Ethan J; Brown, Daniel P; Mainelli, Michelle; Franklin, James L; Kimberlain, Todd B; Hammer, Gregory R (2009). *ciclones tropicales de la cuenca del Pacífico Nororiental, 1949-2006*. Estados Unidos Administración Nacional Oceánica y Atmosférica.

[173] Robert A. Baum (abril 1976). "Ciclones tropicales del este del Pacífico Norte de 1975". *Revisión Tiempo Mensual* (PDF) American Meteorological Society 104 (4): 475 Bibcode. 1976MWRv.104.475B. doi:10.1175 / 1520-0493 (1976) 104 < 0475: ENPTCO> 2.0.CO; 2 .

Figura 5.111.- Trayectorias de ciclones tropicales en el período de 1949 a 2013 en el mes de julio.

Agosto

Depresión Tropical Eight-E (Agosto de 2011). El Centro Nacional de Huracanes (NHC) comenzó a monitorear un área de clima perturbado suroeste de la Costa Pacífica de México a finales de agosto. Inicialmente, mal organizadas, las condiciones ambientales eran conductoras de un cierto desarrollo[174]. Poco después, los patrones de nubes mejoraron y la actividad general de tormenta aumentó[175]. La actividad tormentosa se concentró dos días más tarde, cuando se encontraba a 97 km al sur de Zihuatanejo, y el NHC señaló que la perturbación podría convertirse en una depresión tropical en cuestión de horas.[176] Esto se mantuvo, y el 31 de agosto se convirtió en una depresión tropical.[177] Eight-E pronto tocó tierra en el suroeste de México, y se trasladó al norte y noroeste. A primeras horas del 1 de septiembre Eight -E se disipó a un remanente de baja intensidad,[178] sin embargo, los remanentes de la depresión tropical Eight -E sobrevivieron, y a medida que comenzaron a moverse hacia el oeste, los restos impactaron en el occidente de México. Durante la tarde del 1 de septiembre, los restos de Eight-E se alejaron de la costa occidental de México. Durante el día siguiente, los restos se fortalecieron ligeramente en intensidad, a medida que avanzaba hacia el noroeste hacia la Península de Baja California. Pero a última hora del 02 de septiembre, los remanentes de la depresión tropical se disiparon por completo, justo al sureste de la península (Figura 5.112).

---

174 Todd Kimberlain (August 29, 2011). "Tropical Weather Outlook". National Hurricane Center. Retrieved August 29, 2011.
175 Robbie Berg (August 29, 2011). "Tropical Weather Outlook". National Hurricane Center. Retrieved August 29, 2011.
176 "Tropical Weather Outlook". National Hurricane Center. August 31, 2011. Retrieved August 30, 2011.
177 "Tropical Depression One-E Discussion 1". National Hurricane Center. August 31, 2011. Retrieved August 31, 2011.
178 "NHC Graphical Outlook Archive". Nhc.noaa.gov. Retrieved September 23, 2011.

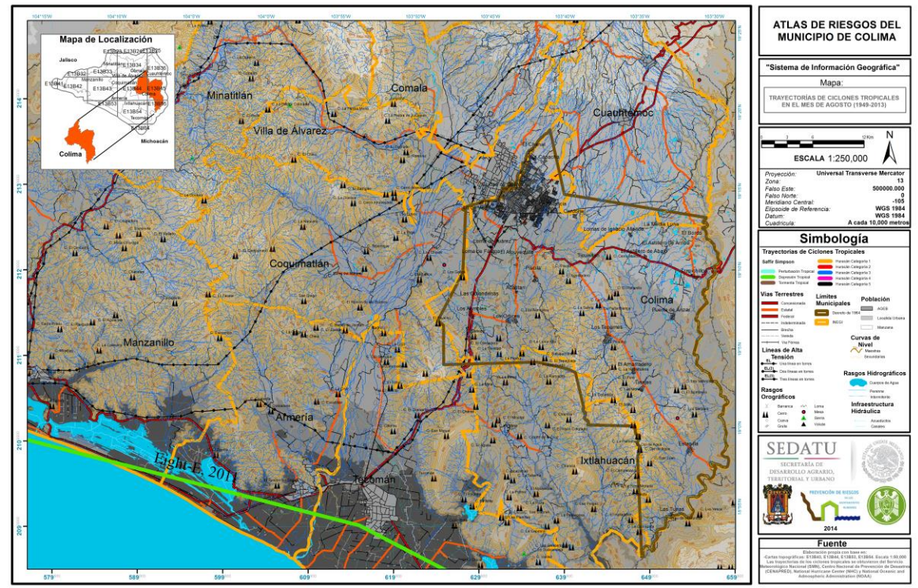


Figura 5.112.- Trayectorias de ciclones tropicales en el período de 1949 a 2013 en el mes de agosto.

Septiembre

Depresión Tropical Norman[179]***.*** El día 19 de septiembre de 2000 por la noche, se generó en el Océano Pacífico nororiental, la depresión tropical No. 16-E de la temporada de ciclones; se formó aproximadamente a 170 km al suroeste de Lázaro Cárdenas, Michoacán con vientos máximos sostenidos de 55 km/h, rachas de 75 km/h y presión mínima de 1006 hPa.

El día 20 por la mañana, cuando se encontraba a 10 km al sur de Bahía Bufadero, en Michoacán y a 65 km al oeste de Lázaro Cárdenas, la depresión se desarrolló en tormenta tropical Norman con vientos máximos sostenidos de 75 km/h y rachas de 90 km/h, misma fuerza con la que a las 16:00 horas de este día, se encontraba sobre tierra, aproximadamente a 15 km al este de Titzupan y a 90 km al oeste-noroeste de Lázaro Cárdenas, ambas poblaciones del estado de Michoacán. Al anochecer, a 5 km al noroeste de Ostuta, Michoacán, Norman empezó a disminuir su fuerza, desplazándose sobre tierra con vientos máximos de 65 km/h y rachas de 80 km/h, por lo que en las últimas horas del día, cuando se encontraba a 20 km al sureste de Tecomán, Colima, se degradó a depresión tropical con vientos de 55 km/h y rachas de 75 km/h.

Durante la mayor parte del día 21, la depresión tropical Norman se mantuvo con vientos máximos sostenidos de 45 km/h y rachas de 65 km/h, mientras se desplazaba sobre el estado de Jalisco, con rumbo predominante hacia el noroeste y oeste-noroeste. En las últimas horas del día, Norman salió al mar localizándose a 60 km al nor-noroeste de Cabo Corrientes, Jalisco, con vientos máximos sostenidos de 55 km/h y rachas de 75 km/h.

[179] Resumen de la temporada de ciclones tropicales 2000.

En la madrugada del día 22 de septiembre Norman se mantenía con trayectoria hacia el noroeste, pasando al oriente de las Islas Marías con vientos máximos sostenidos de 55 km y rachas de 75 km/h, y a las 10:00 horas, ya se encontraba nuevamente en tierra, ahora a 25 km al este-noreste de Mazatlán, Sinaloa. Durante el resto del día, la depresión tropical Norman estuvo deslizándose sobre tierra con desplazamiento hacia el norte, pasando a 25 km al noreste de San Ignacio, Sinaloa, 30 km al sur de Amaculi, Durango, hasta su disipación sobre la Sierra Madre Occidental, en las cercanías de Canelas, Durango, en las primeras horas de la noche.

Norman describió una trayectoria con dos entradas a tierra, una sobre el estado de Michoacán, cruzando los estados de Colima y Jalisco, y otra donde volvió a tocar tierra en el estado de Sinaloa, el cual atravesó llegando a Durango. Este ciclón afectó con viento, oleaje y lluvias que ocasionaron inundaciones en los estados mencionados; propició lluvias máximas puntuales de 357.5 mm en Callejones, Colima, 242.0 mm en la presa de La Villita, Michoacán y 148.9 mm en Mazatlán, Sinaloa.

La tormenta tropical Norman tuvo una duración de 66 horas, tiempo en el que recorrió una distancia aproximada de 1,010 km, a una velocidad promedio de 11 km/h. El Servicio Meteorológico Nacional mantuvo la vigilancia de la tormenta tropical Norman mediante la emisión de 24 avisos de alerta y 6 boletines de vigilancia permanente.

Tormenta Tropical Julio[180]*.* En el 2002, la tormenta tropical Julio, débil y de corta duración, hizo avistamiento de tierra a lo largo de la costa sur de México. Un área de convección organizada en una depresión tropical, el 25 de septiembre, inicialmente previsto a permanecer en alta mar, la depresión se dirigió hacia el norte y se fortaleció en una tormenta tropical ese mismo día. Julio se volvió hacia el noroeste y alcanzó su punto máximo como una tormenta tropical mínima justo antes de tocar tierra cerca de Lázaro Cárdenas, el 26 de septiembre. La tormenta pronto se debilitó a depresión tropical y más tarde el 26 de septiembre, se disipó rápidamente en México.

Antes de tocar tierra, las alarmas de ciclones fueron emitidos para una porción de la costa del Pacífico de México. Después de tocar tierra, se registraron tres muertes y 18 lesiones, cuando un autobús se volcó. Alrededor de 100 casas en Acapulco y Zihuatanejo fueron dañadas o arrasadas por las inundaciones repentinas. En esta última ciudad, muchos árboles fueron derribados y numerosas calles se inundaron. La precipitación máxima reportada fue de 409 mm en Zihuatanejo y La Unión, lo que originó devastación. En total, cerca de 2,000 casas fueron inundadas, mientras que 100 familias fueron evacuadas. Alrededor de un mes después de la tormenta tropical Julio, el huracán Kenna afectó algunos de los mismos lugares, ya devastados por Julio.

Tormenta Tropical Manuel. El 15 de septiembre de 2013 a las 4 de la tarde, la tormenta tropical Manuel (Figura 5.113) golpeó al estado de Colima y provocó severas tormentas en el municipio de Colima. Debido a la gran afectación ocasionada en todo el estado, la Secretaría de Gobernación emitió dos declaratorias de emergencia para la entidad, la primera de ellas para diez municipios, y la segunda, a modo emergente para siete de ellos.[181]

La tormenta tropical Manuel, que impactó tierra en Manzanillo, únicamente provocó la crecida de ríos y arroyos, y la caída de árboles en los 10 municipios, no obstante, se pronostican lluvias torrenciales durante las próximas horas.

[180] James Franklin (25 de septiembre de 2002). "Tormenta tropical Julio. Discusión 2"
[181] National Hurricane Center, Tropical Cyclone Report, Hurricane Manuel (EP132013)

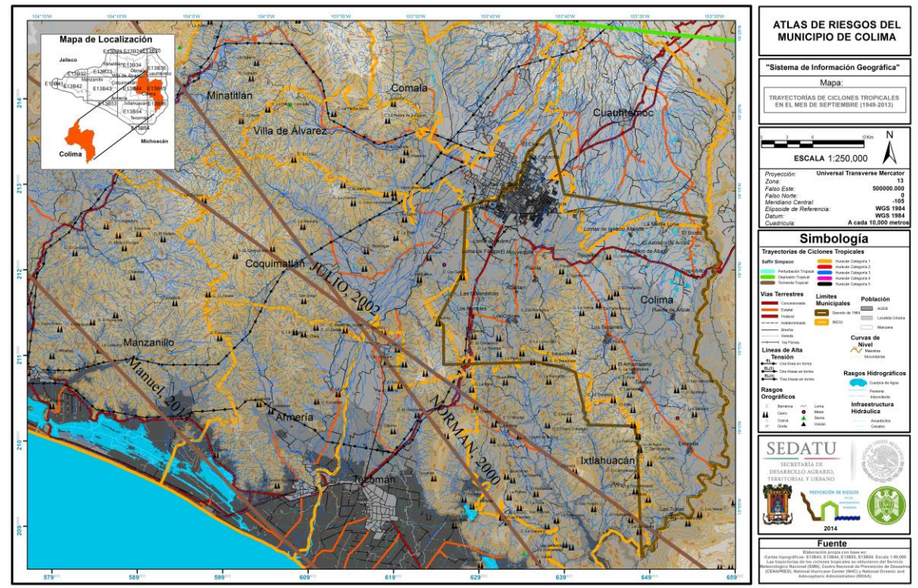


Figura 5.113.- Trayectorias de ciclones tropicales en el período de 1949 a 2013 en el mes de septiembre.

Octubre

Huracán Winifred[182]. El último gran huracán de la temporada, se desarrolló el 6 de octubre de 1992, al sureste de Acapulco, como el vigésimo cuarto al este ciclón tropical del Pacífico de su tiempo, y recurvado, ya que fortaleció. Alcanzó su punto máximo como huracán de categoría 3 en la escala de huracanes Saffir-Simpson. Se disipó hacia el sureste de Manzanillo, Colima. Éste fue el último ciclón tropical en la concurrida temporada de huracanes del Pacífico en 1992. Winifred Impactó en el oeste de México, especialmente en Colima y Michoacán, el huracán trajo fuertes lluvias y la destrucción de la zona. Las lluvias inundaron granjas y carreteras, y causaron más de cinco millones de pesos en daños y en total, tres personas perdieron la vida.

Huracán Virgilio[183]. Perteneciente al final de la temporada de huracanes del Pacífico, en octubre de 1992 azotó al suroeste de México. La formación de una onda tropical procedente de África el 13 de septiembre, se desarrolló lentamente en una depresión tropical. Pronto se fortaleció en la tormenta tropical Virgilio y rápidamente se intensificó en un huracán el 2 de octubre. Continúa intensificándose hasta tomar la fuerza de un huracán mayor, alcanzando su punto máximo como un huracán de categoría 4 en la costa de México. Poco antes de tocar tierra, se debilitó a huracán de categoría 2, y se disipó el 5 de octubre. El daño que generó, fue mínimo en general, aunque una persona fue reportada como desaparecida.

[182] "Preliminary Report Hurricane Winifred". National Hurricane Center. p. 1. Revisado el 02/Oct/2014.
[183] The 1992 central Pacific Tropical Cyclon Season. Center Pacific Hurricane Center. Revisado 02/Oct/2014.

Tormenta Tropical Olaf[184]**.** Se desarrolló entre los meses de septiembre-octubre de 1997, por lo que es considerada de larga duración, esta trajo fuertes lluvias a distintas regiones de México, mismas que serían devastadas una semana después por el huracán Paulina. La tormenta tropical Olaf se formó el 26 de septiembre frente a la costa meridional de México. Se movió hacia el norte y rápidamente intensificado, alcanzando vientos máximos de 120 km/h antes de debilitarse y golpear a Oaxaca como una depresión tropical. En México, el Salvador y Guatemala, el sistema trajo fuertes lluvias, que provocaron la muerte a 18 personas, además de inundaciones y daños. Originalmente se pensó que Olaf se disipó sobre México, aunque sus restos continuaron hacia el oeste por una semana. Olaf interactuó con el huracán Paulina, lo que causó que viajara hacia el sureste y luego hacia el norte para disiparse el 12 de octubre.

Huracán "Jova". Azotó la costa de Colima en las primeras horas del día 12 de octubre de 2011, como huracán de categoría II, con vientos máximos sostenidos de 160 km/h y rachas de 195 km/h. Se reportaron lluvias máximas puntuales en 24 horas de 374.4 mm en Coquimatlán, (siendo la mayor cantidad de lluvia a nivel nacional durante el año 2011). La ciudad de Colima resultó severamente afectada al desbordarse los ríos que cruzan la ciudad, colapsando cinco puentes urbanos, provocando la inundación de varias colonias, y sufriendo la caída de árboles.

Figura 5.114.- Trayectorias de ciclones tropicales en el período de 1949 a 2013 en el mes de octubre.

5.17.3 Peligro de ciclones tropicales

Para la elaboración de mapas de peligros, periodo de retorno y riesgo de ciclones tropicales, se aplicó la metodología desarrollada por el CENAPRED (Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos), de la cual fue utilizado el anexo 1 del capítulo II titulado "Elaboración de mapas de riesgos por inundación costera por marea de tormenta" (Fuentes, *et al*, 2006) que se

[184] Alberto Hernández Unzón y Geog. Cirilo Bravo Lujan (2009). "Tormenta Tropical Olaf" . Servicio Meteorológico Nacional. Consultado el 02/Oct/2014.

encuentra en el volumen de Fenómenos Hidrometeorológicos. Asimismo se complementó con la actualización que se publicó en marzo de 2012 titulada “mapas de índices de riesgos a escala municipal por fenómenos hidrometeorológicos” (Jiménez, *et at*, 2012).

5.17.3.1 Metodología

El CENAPRED cuenta con una base de datos de los ciclones que han transitado por nuestro país. Esta base de datos, tiene las trayectorias de todos los ciclones, desde que se formaron como perturbación tropical hasta convertirse en huracán categoría 5. La misma dependencia tiene un software (Busca Ciclones) el cual puede ser descargado desde su página oficial (www.cenapred.unam.mx), almacenarlo e instalarlo en la computadora, el cual permite tener acceso directo a la información referente a los ciclones que han cruzado por territorio nacional. Este software permite elegir dentro de ciertos parámetros como fecha o frentes (Océano Pacífico y Atlántico). Con la ayuda de este software que se descargó, logramos tener acceso a la información referente a los ciclones y descargar todas las trayectorias de ciclones tropicales se formó en el Océano Pacífico.

Para el análisis de variables que se llevó a cabo, se utilizó como base una malla de un grado de latitud por un grado de longitud, en la cual se concentraron las estadísticas que pasan por cada una de las celdas.

La malla en la latitud norte comprende de los 14° a los 32° y en longitud oeste de 86° a 116° (Figura 5.115). Sobre esta malla se graficaron las trayectorias de ciclones tropicales registradas hasta el momento tanto del Océano Pacífico como del Océano Atlántico. A estas trayectorias se les aplico un buffer de 5 km “ya que los vértices de las trayectorias coinciden con el cambio de intensidad, o bien, con el inicio o fin de la trayectoria” (Jiménez, 2012). Fue contabilizado cada una de las trayectorias de los ciclones tropicales que pasan por celda según su categoría (Figura 5.116). En cuanto al período histórico estudiado, se contó con información de 65 años (1949 a 2013) para la zona antes mencionada.

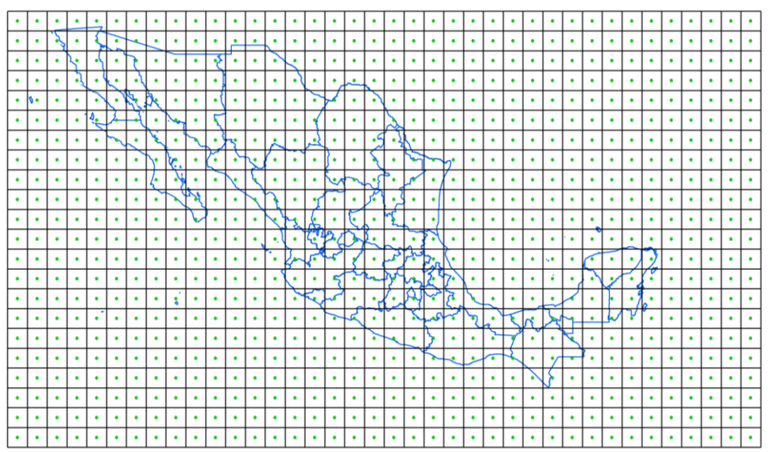


Figura 5.115.- Malla limitada al área de estudio.

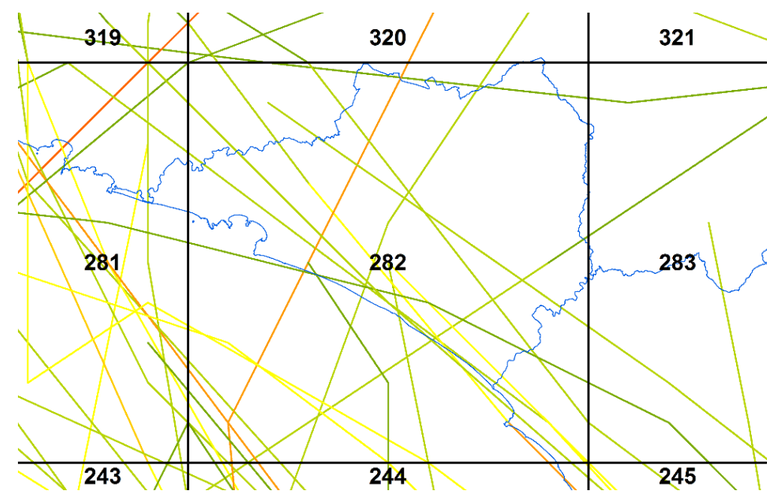


Figura 5.116.- Ejemplo de estadística de tránsito de trayectorias por celda.

La búsqueda consistió en contar el número de trayectorias de los ciclones tropicales que pasaron dentro de un cuadro, como se ejemplifica en la figura 2, cuyos lados son de un grado de longitud.

En la Figura 5.117 se muestra las trayectorias analizadas dentro de la malla que abarca el área de estudio.

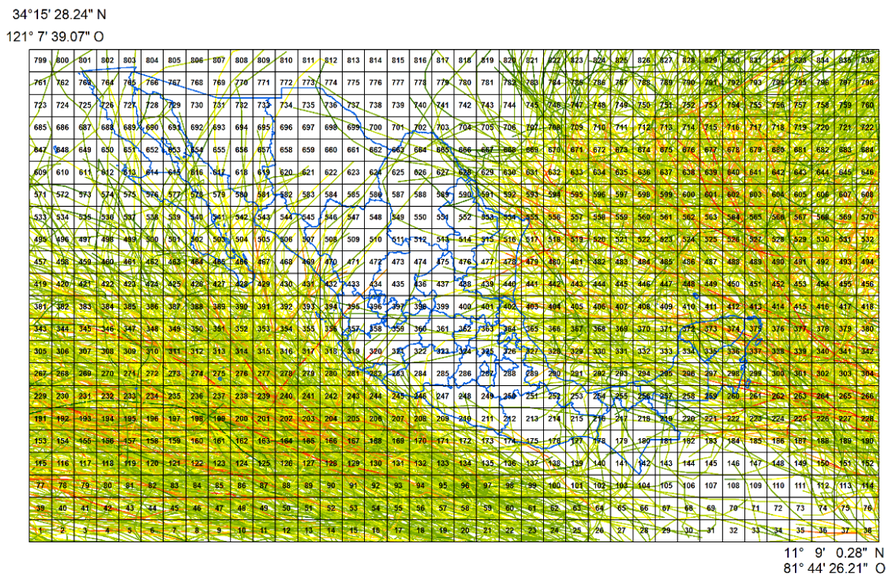


Figura 5.117.- Mapa donde se muestra la malla que cubre la zona de estudio y las trayectorias de los ciclones que pasan por dicha zona.

Cálculo del total de ciclones

Una vez completa la tabla con la información, es hora de determinar el número total de ciclones por celda, esto lo podemos hacer automáticamente con el ArcMap, el resultado se coloca en el campo TC (Total de Ciclones). Esta información nos servirá para obtener la probabilidad de presencia de huracán en cada una de las celdas, así como su período de retorno.

$$TC = DT + TT + H1 + H2 + H3 + H4 + H5$$ 1) Formula para el cálculo del total de ciclones tropicales

Cálculo de la tasa de excedencia

Después de calcular el total de ciclones por celda, se calculó la tasa de excedencia para cada una de las categorías para cada celda. Para calcular la tasa de excedencia se suma el número de ciclones que paso por la celda desde la categoría que se quiere obtener la tasa de excedencia, hasta la categoría más alta que tenemos (en este caso hasta la H2). Por ejemplo si queremos obtener la tasa de excedencia de la categoría TT, sumaremos los valores de TT, H1 y H2 el resultado lo dividimos entre 65 (ya que la información con la que contamos es de 65 años), con lo anterior obtenemos la tasa de excedencia de cada una de categorías por celda.

V(TT) = (DT + TT + H1 + H2) / 65 2) Fórmula para el cálculo de la tasa de excedencia

Cálculo del peligro

Para calcular el peligro de cada una de la celdas, se tomó el valor que obtuvimos de la tasa de excedencia de cada una las celdas por categoría. Ejemplo:
Peligro de TT = - (1 / Tasa de excedencia) * (Tasa de excedencia de H1 – Tasa de excedencia TT) 4) Fórmula para el cálculo del peligro
P = (1 / 0.316) * (0.175-0.218)
P = -3.1645 * -0.043
P = 0.1360

5.17.3.2 Memoria de calculó

En la Tabla 5.72 se muestran los cálculos que se realizaron para deducir el peligro y el riesgo conforme a la metodología del CEPARED, previamente descrita e ilustradas las fórmulas que se aplicaron a los datos obtenidos de las trayectorias de los ciclones tropicales.

Los campos de DT, TT, H1, H2, H3, H4 y H5 indican el número de trayectorias que transitaron por la celda que se indica en la parte superior de la tabla. El campo de suma, indica la sumatorias de los campos anteriores.

Los campos v(DT), v(TT), v(H1), v(H2), v(H3), v(H4), y v(H5) representan la tasa de excedencia (formula 2) para cata categoría de ciclón.

Mientras que el periodo de retorno se representan por los campos Pr(DT), Pr(TT), Pr(H1), Pr(H2), Pr(H3), Pr(H4) y Pr(H5) y el peligro se representan en los campos P(DT), P(TT), P(H1), P(H2), P(H3), P(H4) y P(H5).

Tabla 5.72.- Datos para calculó del peligro y el periodo de retorno conforme a la metodología del CENAPRED.

Campo	Celdas								
	243	244	245	281	282	283	319	320	321
DT	14	12	19	3	4	1	2	0	7
TT	28	43	41	3	0	0	7	10	6
H1	3	11	13	6	2	1	5	4	1
H2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H3	0	2	3	1	1	1	4	4	3
H4	0	0	0	1	0	0	0	0	3
H5	0	0	0	0	0	0	0	3	3
Suma	35.00	59.00	69.00	11.00	7.00	2.00	1.00	0.00	0.00
v(DT)	0.69	1.05	1.17	0.22	0.11	0.05	0.28	0.32	0.35
v(TT)	0.48	0.86	0.88	0.17	0.05	0.03	0.25	0.32	0.25
v(H1)	0.05	0.20	0.25	0.12	0.05	0.03	0.14	0.17	0.15
v(H2)	0.00	0.03	0.05	0.03	0.02	0.02	0.06	0.11	0.14

Campo	Celdas								
	243	244	245	281	282	283	319	320	321
v(H3)	0.00	0.03	0.05	0.03	0.02	0.02	0.06	0.11	0.14
v(H4)	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.05	0.09
v(H5)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.05
P(DT)	0.31	0.18	0.25	0.21	0.57	0.33	0.11	0.00	0.30
P(TT)	0.62	0.63	0.54	0.21	0.00	0.00	0.39	0.48	0.26
P(H1)	0.07	0.16	0.17	0.43	0.29	0.33	0.28	0.19	0.04
P(H2)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P(H3)	0.00	0.03	0.04	0.07	0.14	0.33	0.22	0.19	0.13
P(H4)	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13
P(H5)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.13
Peligro	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

5.17.3.3 Resultado del análisis

En la Tabla 5.73 se muestra el resultado de aplicar la metodología a los datos de trayectorias que se tienen en la zona de estudio. El peligro está representado con un valor decimal que va de 0 a 1, donde cero representa nulo peligro y 1 un peligro máximo. En la tabla de resultados podemos apreciar que el peligro se calculó para cada categoría de ciclón tropical.

Tabla 5.73.- Resultados del peligro (de 0 a 1) que representa cada categoría de ciclón tropical

Campo	Celdas								
	243	244	245	281	282	283	319	320	321
P(DT)	0.31	0.18	0.25	0.21	0.57	0.33	0.11	0.00	0.30
P(TT)	0.62	0.63	0.54	0.21	0.00	0.00	0.39	0.48	0.26
P(H1)	0.07	0.16	0.17	0.43	0.29	0.33	0.28	0.19	0.04
P(H2)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P(H3)	0.00	0.03	0.04	0.07	0.14	0.33	0.22	0.19	0.13
P(H4)	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13
P(H5)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.13
Peligro	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Ponderación de peligro en 5 niveles (Muy Alto, Alto, Medio, Bajo y Muy Bajo)

En la Tabla 5.74 se muestra la ponderación que se da cada celda para representar el peligro.

Tabla 5.74.- Ponderación del peligro.

Peligro	Ponderación
0.00 a 0.20	Muy Bajo
0.21 a 0.40	Bajo
0.41 a 0.60	Medio
0.61 a 0.80	Alto
0.81 a 1.00	Muy Alto

Mapas de peligro por ciclones tropicales

En la Tabla 5.75 se muestra la población correspondiente a las 28 localidades que reconoce el municipio de Colima según el decreto de 1964, en estas localidades viven 146,029 personas según el censo de población y vivienda hecho por el INEGI en el 2010, mientras que las 875 personas restantes viven en rancherías. En la tabla podemos apreciar que todas las localidades se enfrentan a un peligro bajo para eventos de depresión tropical y tormenta tropical, mientras que para huracán categoría 1, 2, 3, 4 y 5 el nivel de peligro al cual se enfrenta la población es muy bajo.

Tabla 5.75.- Población que se encuentra en peligro en el municipio de Colima por ciclón tropical.

Datos de Localidad					Peligro por Ciclones Tropicales						
Entidad	Municipio	Mun	Loc	Pob. Total	P(DT)	P(TT)	P(H1)	P(H2)	P(H3)	P(H4)	P(H5)
06	Colima	002	0049	196	Bajo	Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
06	Colima	002	0102	383	Bajo	Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
06	Colima	002	0001	137,383	Bajo	Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
06	Colima	002	0053	137	Bajo	Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
06	Colima	002	0195	179	Bajo	Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
06	Colima	002	0055	147	Bajo	Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
06	Colima	002	0056	174	Bajo	Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
06	Colima	002	0058	119	Bajo	Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
06	Colima	002	0071	820	Bajo	Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
06	Colima	002	0074	354	Bajo	Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
06	Colima	002	0064	128	Bajo	Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
06	Colima	002		-	Bajo	Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
06	Colima	002	0088	63	Bajo	Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
06	Colima	002	0076	200	Bajo	Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
06	Colima	002	0077	516	Bajo	Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
06	Colima	002	0117	236	Bajo	Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
06	Colima	002		-	Bajo	Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
06	Colima	002	0189	120	Bajo	Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
06	Colima	002	0089	172	Bajo	Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
06	Colima	002	0150	81	Bajo	Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
06	Colima	002	0154	609	Bajo	Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
06	Colima	002	0092	262	Bajo	Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
06	Colima	002	0109	1,655	Bajo	Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
06	Colima	002	0098	1,352	Bajo	Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
06	Colima	002	0104	294	Bajo	Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
06	Colima	002	0110	32	Bajo	Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
06	Colima	002	0112	307	Bajo	Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
06	Colima	002	0116	110	Bajo	Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo

Peligro de impacto por depresión tropical. El peligro que representan las depresiones tropicales para el municipio de Colima es bajo.

Peligro de impacto de tormenta tropical. El peligro al cual está expuesto el municipio de Colima ante el impacto de una tormenta tropical es bajo.

Peligro de impacto de huracán categoría 1. El peligro ante el impacto de un huracán categoría 1 es muy bajo para el municipio de Colima, esto significa que existe del 0 al 20 por ciento de probabilidad que un huracán de esta categoría impacte el municipio de Colima en las siguientes temporadas.

Peligro de impacto de huracán categoría 2. El peligro de impacto de un huracán categoría 2 es muy bajo para el municipio de Colima, esto significa que existe del 0 al 20 por ciento de probabilidad que un huracán de esta categoría impacte el municipio de Colima en las siguientes temporadas.

Peligro de impacto de huracán categoría 3. El peligro de impacto de un huracán categoría 3 es muy bajo para el municipio de Colima, esto significa que existe del 0 al 20 por ciento de probabilidad que un huracán de esta categoría impacte el municipio de Colima en las siguientes temporadas.

Peligro de impacto de huracán categoría 4. El peligro de impacto de un huracán categoría 4 es muy bajo para el municipio de Colima, esto significa que existe del 0 al 20 por ciento de probabilidad que un huracán de esta categoría impacte el municipio de Colima en las siguientes temporadas.

Peligro de impacto de huracán categoría 5. El peligro al cual está expuesto el municipio de Colima ante el impacto de un huracán categoría 5 es muy bajo.

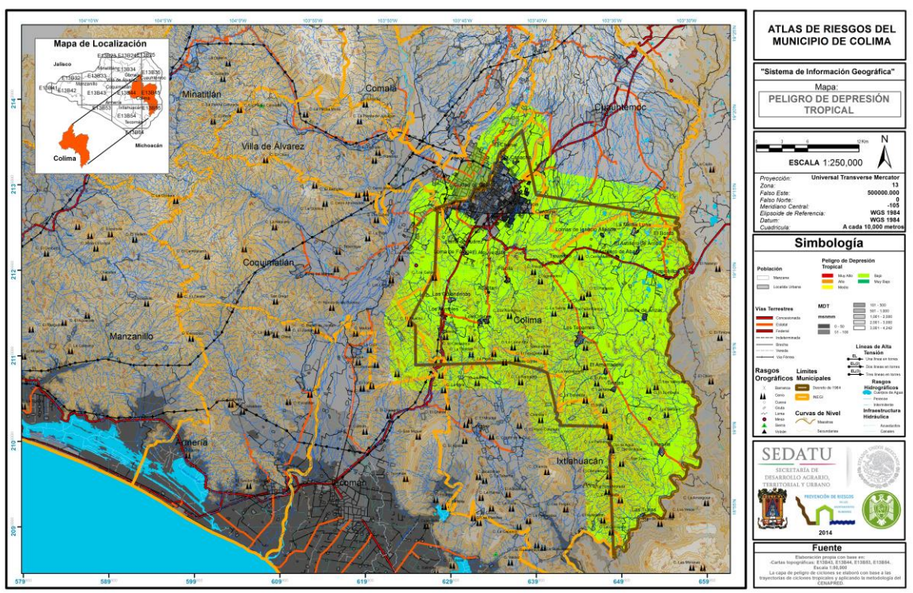


Figura 5.118.- Peligro de impacto de depresión tropical.

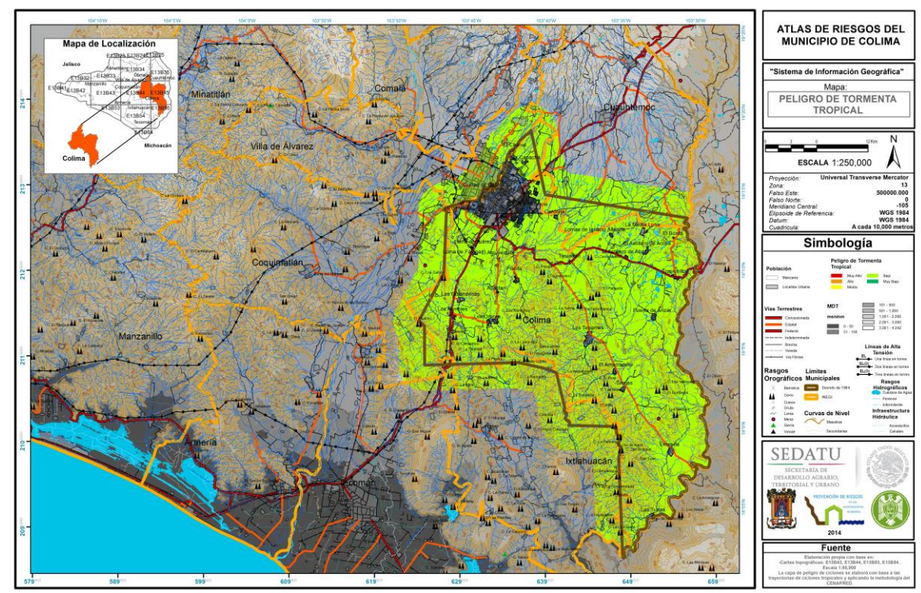


Figura 5.119.- Peligro de impacto de tormenta tropical.

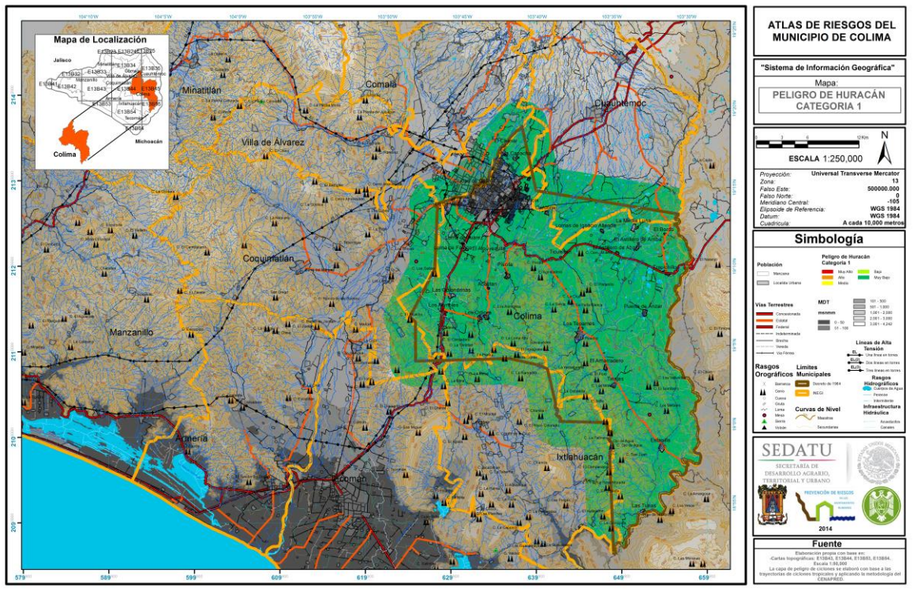


Figura 5.120.- Peligro de impacto de huracán categoría 1.

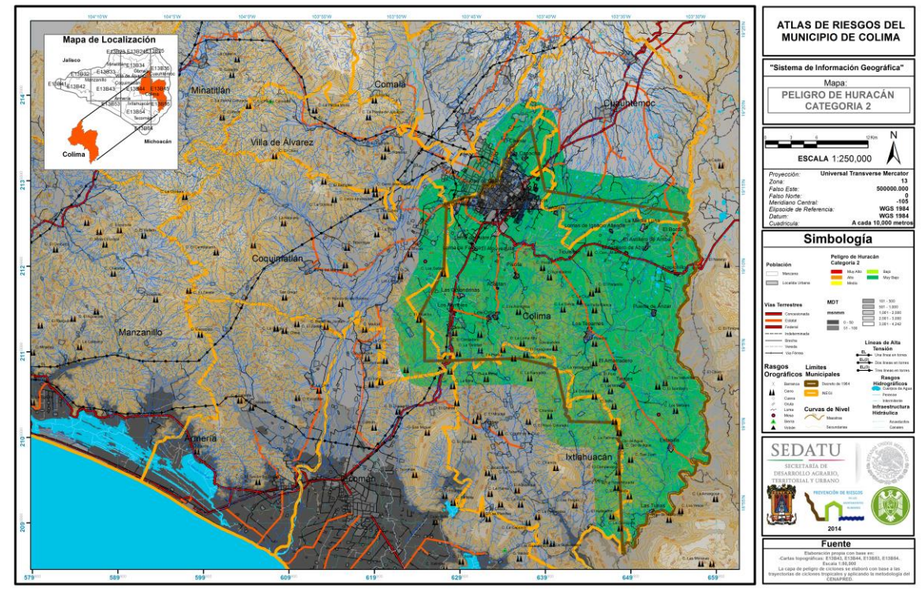


Figura 5.121.- Peligro de impacto de huracán categoría 2.

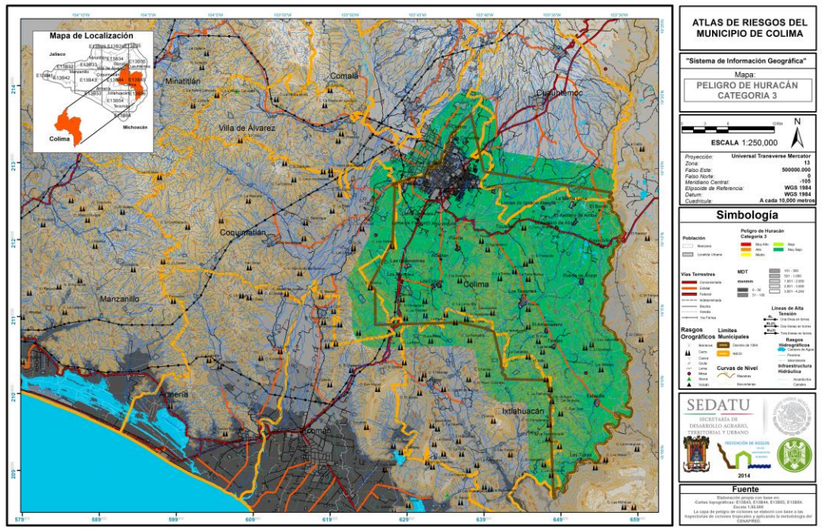


Figura 5.122.- Peligro de impacto de huracán categoría 3.

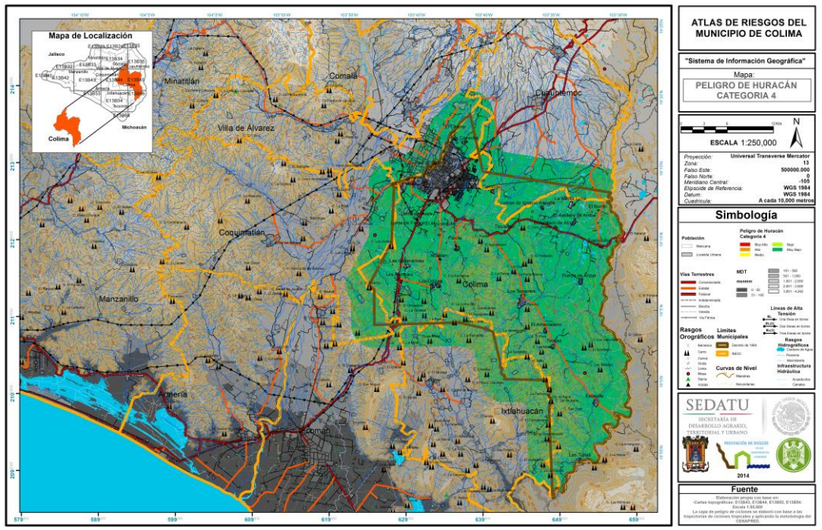


Figura 5.123.- Peligro de impacto de huracán categoría 4.

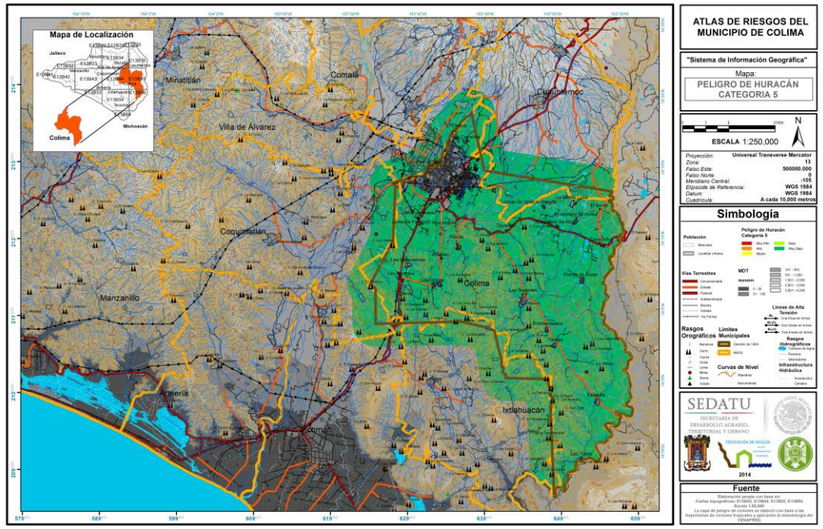


Figura 5.124.- Peligro de impacto de huracán categoría 5.

5.17.3.4 Fichas técnicas

Consultar el anexo B para ver este apartado.

5.17.4 Vulnerabilidad

En la Tabla 5.76 se muestra la vulnerabilidad de cada una de 28 localidades del municipio de Colima. Para consultar cómo se calculó véase el anexo A.

Tabla 5.76.- Vulnerabilidad para cada una de las 28 localidades del municipio de Colima.

Datos de Localidad					Vulnerabilidad	
Nombre de Localidad	**Entidad**	**Municipio**	**Mun.**	**Loc.**	**Grado**	**Índice**
Ciudad de Colima	06	Colima	002	0001	0.1500	Muy Bajo
Las Guásimas	06	Colima	002	0077	0.2100	Bajo
Los Asmoles	06	Colima	002	0154	0.2100	Bajo
Las Golondrinas	06	Colima	002	0076	0.2100	Bajo
Los Ortices	06	Colima	002	0092	0.2100	Bajo
Acatitán	06	Colima	002	0049	0.2100	Bajo
Piscila	06	Colima	002	0098	0.2100	Bajo
Lo de Villa	06	Colima	002		0.2100	Bajo
El Chanal	06	Colima	002	0071	0.2100	Bajo
Cardona	06	Colima	002	0102	0.1500	Muy Bajo
El Astillero de Abajo	06	Colima	002	0055	0.2100	Bajo
El Astillero de Arriba	06	Colima	002	0056	0.2100	Bajo
Lomas de Ignacio Allende	06	Colima	002	0150	0.2100	Bajo
El Bordo	06	Colima	002	0058	0.2100	Bajo

Datos de Localidad					Vulnerabilidad	
Nombre de Localidad	**Entidad**	**Municipio**	**Mun.**	**Loc.**	**Grado**	**Índice**
Trapichillos	06	Colima	002	0116	0.2100	Bajo
Puerta de Ánzar	06	Colima	002	0104	0.2100	Bajo
El Amarradero	06	Colima	002	0195	0.2100	Bajo
Tinajas	06	Colima	002	0112	0.2100	Bajo
Las Tunas	06	Colima	002	0117	0.1500	Muy Bajo
Estapilla	06	Colima	002	0074	0.2100	Bajo
Los Tepames	06	Colima	002	0109	0.2100	Bajo
Loma de Fátima	06	Colima	002	0189	0.2100	Bajo
Loma de Juárez	06	Colima	002	0089	0.2100	Bajo
El Alpuyequito	06	Colima	002	0053	0.2100	Bajo
La Capacha	06	Colima	002	0064	0.2100	Bajo
Ticuizitán	06	Colima	002	0110	0.2100	Bajo
La Media Luna	06	Colima	002	0088	0.2100	Bajo
La Estancia	06	Colima	002		0.2100	Bajo

5.17.5 Riesgo

5.17.5.1 Metodología

Desde el punto de vista de pérdida, el riesgo puede verse como la combinación de tres factores importantes: el costo o valor de los bienes expuestos a un evento, por su nivel de vulnerabilidad o daño ante el evento en acción, por la probabilidad de que el evento ocurra. De lo anterior, es posible expresar al riesgo como:

R = C P V

Donde C = Valor de los bienes expuestos, P = Peligro, y V = Vulnerabilidad

5) Fórmula para el cálculo del riesgo

$$R_P = C \sum_{i=1}^{n} P(i)V(i)$$

Donde:
Rp= Riesgo calculado para ciclón tropical
C = Costo que para nuestro caso es 1
P(i) = Peligro por cada categoría de ciclón
V(i) = Vulnerabilidad

Para calcular el riesgo por ciclones tropicales se toma en cuenta cada una de las categorías previamente descriptas con base a la escala de saffir-simpson. Para nuestro caso retomando los valores de peligro que previamente calculamos y aplicamos la formula descripta en este apartado.

5.17.5.2 Memoria de cálculo

Tomando la fórmula del riesgo reemplazamos C por el valor 1, mientras que P(i) por el peligro de cada categoría y V(i) por la vulnerabilidad.

En el siguiente ejemplo se muestra como calcular el riesgo de ser impactada por una depresión tropical la ciudad de Colima:
R_DT = 1 * P(DT) * V
R_DT = 1 * 0.3646 * 0.1500
R_DT = 0.0547

Lo anterior se hace para cada localidad. En la Tabla 5.77 se muestra la memoria de calcula para cada una de las 28 localidad del municipio de Colima.

Tabla 5.77.- Cálculo del riesgo por ciclones tropicales con base a la vulnerabilidad social y peligro.

Datos de Localidad					Vulnerabilidad		Peligro por Ciclones Tropicales							Riesgo por Ciclones Tropicales						
Nombre de Localidad	**Entidad**	**Municipio**	**Mun.**	**Loc.**	**Grado**	**Índice**	**P(DT)**	**P(TT)**	**P(H1)**	**P(H2)**	**P(H3)**	**P(H4)**	**P(H5)**	**R_DT**	**R_TT**	**R_H1**	**R_H2**	**R_H3**	**R_H4**	**R_H5**
Ciudad de Colima	06	Colima	002	0001	0.1500	Muy Bajo	0.3646	0.3800	0.1794	0.0036	0.0585	0.0085	0.0054	0.0547	0.0570	0.0269	0.0005	0.0088	0.0013	0.0008
Las Guásimas	06	Colima	002	0077	0.2100	Bajo	0.3490	0.3794	0.1925	0.0035	0.0665	0.0059	0.0033	0.0733	0.0797	0.0404	0.0007	0.0140	0.0012	0.0007
Los Asmoles	06	Colima	002	0154	0.2100	Bajo	0.3424	0.3771	0.1970	0.0028	0.0726	0.0052	0.0029	0.0719	0.0792	0.0414	0.0006	0.0152	0.0011	0.0006
Las Golondrinas	06	Colima	002	0076	0.2100	Bajo	0.3449	0.3777	0.1951	0.0030	0.0707	0.0055	0.0031	0.0724	0.0793	0.0410	0.0006	0.0148	0.0012	0.0007
Los Ortices	06	Colima	002	0092	0.2100	Bajo	0.3474	0.3789	0.1936	0.0033	0.0679	0.0057	0.0032	0.0730	0.0796	0.0406	0.0007	0.0143	0.0012	0.0007
Acatitán	06	Colima	002	0049	0.2100	Bajo	0.3520	0.3795	0.1901	0.0035	0.0650	0.0063	0.0037	0.0739	0.0797	0.0399	0.0007	0.0136	0.0013	0.0008
Piscila	06	Colima	002	0098	0.2100	Bajo	0.3573	0.3802	0.1863	0.0037	0.0614	0.0069	0.0041	0.0750	0.0799	0.0391	0.0008	0.0129	0.0015	0.0009
Lo de Villa	06	Colima	002		0.2100	Bajo	0.3563	0.3790	0.1846	0.0032	0.0642	0.0077	0.0048	0.0748	0.0796	0.0388	0.0007	0.0135	0.0016	0.0010
El Chanal	06	Colima	002	0071	0.2100	Bajo	0.3745	0.3802	0.1716	0.0038	0.0534	0.0099	0.0066	0.0787	0.0799	0.0360	0.0008	0.0112	0.0021	0.0014
Cardona	06	Colima	002	0102	0.1500	Muy Bajo	0.3721	0.3811	0.1765	0.0042	0.0525	0.0084	0.0053	0.0558	0.0572	0.0265	0.0006	0.0079	0.0013	0.0008

Datos de Localidad					Vulnerabilidad		Peligro por Ciclones Tropicales							Riesgo por Ciclones Tropicales						
Nombre de Localidad	**Entidad**	**Municipio**	**Mun.**	**Loc.**	**Grado**	**Índice**	**P(DT)**	**P(TT)**	**P(H1)**	**P(H2)**	**P(H3)**	**P(H4)**	**P(H5)**	**R_DT**	**R_TT**	**R_H1**	**R_H2**	**R_H3**	**R_H4**	**R_H5**
El Astillero de Abajo	06	Colima	002	0055	0.2100	Bajo	0.3783	0.3832	0.1748	0.0047	0.0464	0.0078	0.0048	0.0794	0.0805	0.0367	0.0010	0.0097	0.0016	0.0010
El Astillero de Arriba	06	Colima	002	0056	0.2100	Bajo	0.3829	0.3840	0.1728	0.0049	0.0431	0.0077	0.0047	0.0804	0.0806	0.0363	0.0010	0.0091	0.0016	0.0010
Lomas de Ignacio Allende	06	Colima	002	0150	0.2100	Bajo	0.3789	0.3825	0.1740	0.0046	0.0469	0.0081	0.0050	0.0796	0.0803	0.0365	0.0010	0.0098	0.0017	0.0011
El Bordo	06	Colima	002	0058	0.2100	Bajo	0.3959	0.3841	0.1644	0.0043	0.0388	0.0076	0.0048	0.0831	0.0807	0.0345	0.0009	0.0081	0.0016	0.0010
Trapichillos	06	Colima	002	0116	0.2100	Bajo	0.3855	0.3855	0.1719	0.0051	0.0402	0.0073	0.0044	0.0810	0.0810	0.0361	0.0011	0.0085	0.0015	0.0009
Puerta de Ánzar	06	Colima	002	0104	0.2100	Bajo	0.3708	0.3830	0.1828	0.0075	0.0445	0.0074	0.0040	0.0779	0.0804	0.0384	0.0016	0.0093	0.0016	0.0008
El Amarradero	06	Colima	002	0195	0.2100	Bajo	0.3606	0.3831	0.1881	0.0074	0.0504	0.0070	0.0036	0.0757	0.0804	0.0395	0.0015	0.0106	0.0015	0.0007
Tinajas	06	Colima	002	0112	0.2100	Bajo	0.3605	0.3842	0.1881	0.0076	0.0493	0.0068	0.0034	0.0757	0.0807	0.0395	0.0016	0.0103	0.0014	0.0007
Las Tunas	06	Colima	002	0117	0.1500	Muy Bajo	0.3545	0.3910	0.1902	0.0096	0.0453	0.0064	0.0028	0.0532	0.0587	0.0285	0.0014	0.0068	0.0010	0.0004
Estapilla	06	Colima	002	0074	0.2100	Bajo	0.3627	0.3893	0.1864	0.0089	0.0431	0.0065	0.0031	0.0762	0.0818	0.0391	0.0019	0.0090	0.0014	0.0006
Los Tepames	06	Colima	002	0109	0.2100	Bajo	0.3633	0.3840	0.1838	0.0047	0.0538	0.0067	0.0037	0.0763	0.0806	0.0386	0.0010	0.0113	0.0014	0.0008
Loma de Fátima	06	Colima	002	0189	0.2100	Bajo	0.3522	0.3788	0.1891	0.0032	0.0660	0.0067	0.0040	0.0740	0.0795	0.0397	0.0007	0.0139	0.0014	0.0008
Loma de Juárez	06	Colima	002	0089	0.2100	Bajo	0.3535	0.3789	0.1879	0.0033	0.0653	0.0069	0.0042	0.0742	0.0796	0.0395	0.0007	0.0137	0.0015	0.0009
El Alpuyequito	06	Colima	002	0053	0.2100	Bajo	0.3566	0.3797	0.1863	0.0035	0.0626	0.0071	0.0043	0.0749	0.0797	0.0391	0.0007	0.0131	0.0015	0.0009
La Capacha	06	Colima	002	0064	0.2100	Bajo	0.3744	0.3803	0.1723	0.0039	0.0531	0.0096	0.0064	0.0786	0.0799	0.0362	0.0008	0.0112	0.0020	0.0013
Ticuizitán	06	Colima	002	0110	0.2100	Bajo	0.3678	0.3820	0.1802	0.0043	0.0536	0.0076	0.0045	0.0772	0.0802	0.0378	0.0009	0.0113	0.0016	0.0010
La Media Luna	06	Colima	002	0088	0.2100	Bajo	0.3834	0.3830	0.1721	0.0048	0.0437	0.0080	0.0050	0.0805	0.0804	0.0361	0.0010	0.0092	0.0017	0.0010
La Estancia	06	Colima	002		0.2100	Bajo	0.3689	0.3806	0.1776	0.0039	0.0551	0.0085	0.0054	0.0775	0.0799	0.0373	0.0008	0.0116	0.0018	0.0011

Resultado del análisis

Datos de Localidad					Riesgo por Ciclones Tropicales						
Nombre de Localidad	**Entidad**	**Municipio**	**Mun.**	**Loc.**	**R_DT**	**R_TT**	**R_H1**	**R_H2**	**R_H3**	**R_H4**	**R_H5**
Ciudad de Colima	06	Colima	002	0001	0.0547	0.0570	0.0269	0.0005	0.0088	0.0013	0.0008
Las Guásimas	06	Colima	002	0077	0.0733	0.0797	0.0404	0.0007	0.0140	0.0012	0.0007
Los Asmoles	06	Colima	002	0154	0.0719	0.0792	0.0414	0.0006	0.0152	0.0011	0.0006
Las Golondrinas	06	Colima	002	0076	0.0724	0.0793	0.0410	0.0006	0.0148	0.0012	0.0007
Los Ortices	06	Colima	002	0092	0.0730	0.0796	0.0406	0.0007	0.0143	0.0012	0.0007
Acatitán	06	Colima	002	0049	0.0739	0.0797	0.0399	0.0007	0.0136	0.0013	0.0008
Piscila	06	Colima	002	0098	0.0750	0.0799	0.0391	0.0008	0.0129	0.0015	0.0009
Lo de Villa	06	Colima	002		0.0748	0.0796	0.0388	0.0007	0.0135	0.0016	0.0010
El Chanal	06	Colima	002	0071	0.0787	0.0799	0.0360	0.0008	0.0112	0.0021	0.0014

Datos de Localidad					Riesgo por Ciclones Tropicales						
Nombre de Localidad	**Entidad**	**Municipio**	**Mun.**	**Loc.**	**R_DT**	**R_TT**	**R_H1**	**R_H2**	**R_H3**	**R_H4**	**R_H5**
Cardona	06	Colima	002	0102	0.0558	0.0572	0.0265	0.0006	0.0079	0.0013	0.0008
El Astillero de Abajo	06	Colima	002	0055	0.0794	0.0805	0.0367	0.0010	0.0097	0.0016	0.0010
El Astillero de Arriba	06	Colima	002	0056	0.0804	0.0806	0.0363	0.0010	0.0091	0.0016	0.0010
Lomas de Ignacio Allende	06	Colima	002	0150	0.0796	0.0803	0.0365	0.0010	0.0098	0.0017	0.0011
El Bordo	06	Colima	002	0058	0.0831	0.0807	0.0345	0.0009	0.0081	0.0016	0.0010
Trapichillos	06	Colima	002	0116	0.0810	0.0810	0.0361	0.0011	0.0085	0.0015	0.0009
Puerta de Ánzar	06	Colima	002	0104	0.0779	0.0804	0.0384	0.0016	0.0093	0.0016	0.0008
El Amarradero	06	Colima	002	0195	0.0757	0.0804	0.0395	0.0015	0.0106	0.0015	0.0007
Tinajas	06	Colima	002	0112	0.0757	0.0807	0.0395	0.0016	0.0103	0.0014	0.0007
Las Tunas	06	Colima	002	0117	0.0532	0.0587	0.0285	0.0014	0.0068	0.0010	0.0004
Estapilla	06	Colima	002	0074	0.0762	0.0818	0.0391	0.0019	0.0090	0.0014	0.0006
Los Tepames	06	Colima	002	0109	0.0763	0.0806	0.0386	0.0010	0.0113	0.0014	0.0008
Loma de Fátima	06	Colima	002	0189	0.0740	0.0795	0.0397	0.0007	0.0139	0.0014	0.0008
Loma de Juárez	06	Colima	002	0089	0.0742	0.0796	0.0395	0.0007	0.0137	0.0015	0.0009
El Alpuyequito	06	Colima	002	0053	0.0749	0.0797	0.0391	0.0007	0.0131	0.0015	0.0009
La Capacha	06	Colima	002	0064	0.0786	0.0799	0.0362	0.0008	0.0112	0.0020	0.0013
Ticuizitán	06	Colima	002	0110	0.0772	0.0802	0.0378	0.0009	0.0113	0.0016	0.0010
La Media Luna	06	Colima	002	0088	0.0805	0.0804	0.0361	0.0010	0.0092	0.0017	0.0010
La Estancia	06	Colima	002		0.0775	0.0799	0.0373	0.0008	0.0116	0.0018	0.0011

Ponderación del riesgo

Tabla 5.78.- Valores para clasificar el riesgo.

Valor (R)	Índice de riesgo (IR)
0.0 - 0.20	Muy Bajo
0.21 - 0.40	Bajo
0.41 - 0.60	Medio
0.61 - 0.80	Alto
0.81 - 1.0	Muy Alto

Tabla 5.79.- Índice del riesgo con base a metodología del CENAPRED.

Datos de localidad					Índice de riesgo por ciclones tropicales						
Nombre de localidad	**Entidad**	**Municipio**	**Mun**	**Loc**	**IR_DT**	**IR_TT**	**IR_H1**	**IR_H2**	**IR_H3**	**IR_H4**	**IR_H5**
Ciudad de Colima	06	Colima	002	0001	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
Las Guásimas	06	Colima	002	0077	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
Los Asmoles	06	Colima	002	0154	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
Las Golondrinas	06	Colima	002	0076	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
Los Ortices	06	Colima	002	0092	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
Acatitán	06	Colima	002	0049	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
Piscila	06	Colima	002	0098	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
Lo de Villa	06	Colima	002		Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
El Chanal	06	Colima	002	0071	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
Cardona	06	Colima	002	0102	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
El Astillero de Abajo	06	Colima	002	0055	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
El Astillero de Arriba	06	Colima	002	0056	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
Lomas de Ignacio Allende	06	Colima	002	0150	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
El Bordo	06	Colima	002	0058	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
Trapichillos	06	Colima	002	0116	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
Puerta de Ánzar	06	Colima	002	0104	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
El Amarradero	06	Colima	002	0195	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
Tinajas	06	Colima	002	0112	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
Las Tunas	06	Colima	002	0117	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
Estapilla	06	Colima	002	0074	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
Los Tepames	06	Colima	002	0109	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
Loma de Fátima	06	Colima	002	0189	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
Loma de Juárez	06	Colima	002	0089	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
El Alpuyequito	06	Colima	002	0053	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
La Capacha	06	Colima	002	0064	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
Ticuizitán	06	Colima	002	0110	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
La Media Luna	06	Colima	002	0088	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
La Estancia	06	Colima	002		Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo

Con base en lo anterior, se puede apreciar en los mapas de la Figura 5.125 a la Figura 5.131 que el riesgo para cada una de las 28 localidades es muy bajo, debido principalmente a que socialmente el municipio es poco vulnerable ante el impacto de un fenómeno natural.

En la Tabla 5.80 se muestra la población que corresponde a las 28 localidades que comprenden el municipio de Colima según el decreto de 1964, en estos sitios viven 146,029 personas, según datos que constan en el censo de población y vivienda del 2010, realizado por el INEGI, mientras que la población restante de 875 personas viven en rancherías. En la tabla podemos apreciar que todas las localidades se enfrentan a un riesgo muy bajo para todas las categorías de ciclones tropicales.

Tabla 5.80.- Población que se encuentra en riesgo en el municipio de Colima por ciclón tropical.

Datos de localidad					Riesgo por ciclones tropicales						
Entidad	Municipio	Mun.	Loc.	Pob. Total.	DT	TT	H1	H2	H3	H4	H5
06	Colima	002	0049	196	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
06	Colima	002	0102	383	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
06	Colima	002	0001	137,383	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
06	Colima	002	0053	137	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
06	Colima	002	0195	179	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
06	Colima	002	0055	147	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
06	Colima	002	0056	174	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
06	Colima	002	0058	119	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
06	Colima	002	0071	820	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
06	Colima	002	0074	354	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
06	Colima	002	0064	128	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
06	Colima	002		-	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
06	Colima	002	0088	63	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
06	Colima	002	0076	200	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
06	Colima	002	0077	516	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
06	Colima	002	0117	236	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
06	Colima	002		-	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
06	Colima	002	0189	120	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
06	Colima	002	0089	172	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
06	Colima	002	0150	81	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
06	Colima	002	0154	609	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
06	Colima	002	0092	262	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
06	Colima	002	0109	1,655	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
06	Colima	002	0098	1,352	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
06	Colima	002	0104	294	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
06	Colima	002	0110	32	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
06	Colima	002	0112	307	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
06	Colima	002	0116	110	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo

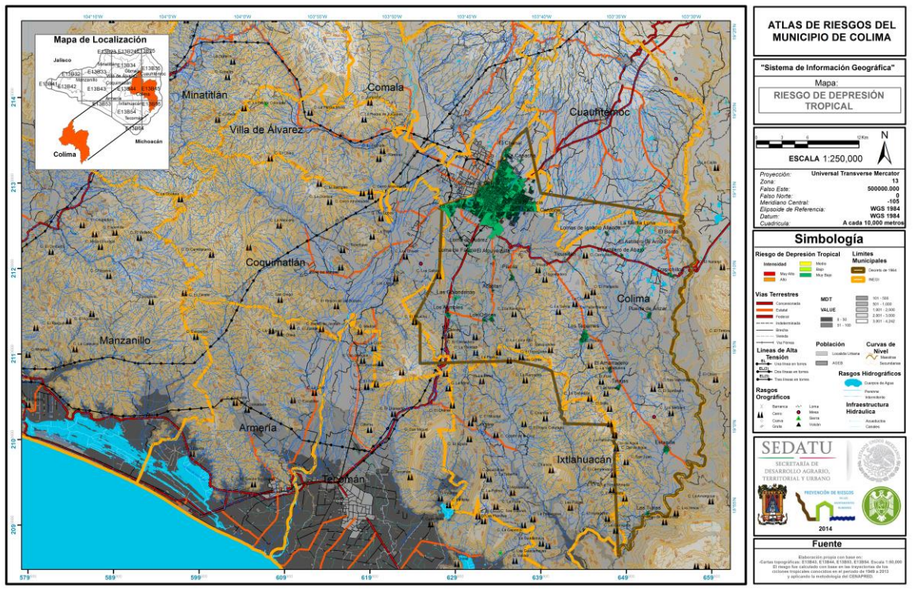


Figura 5.125.- Mapa de riesgo por depresión tropical en las localidades del municipio de Colima.

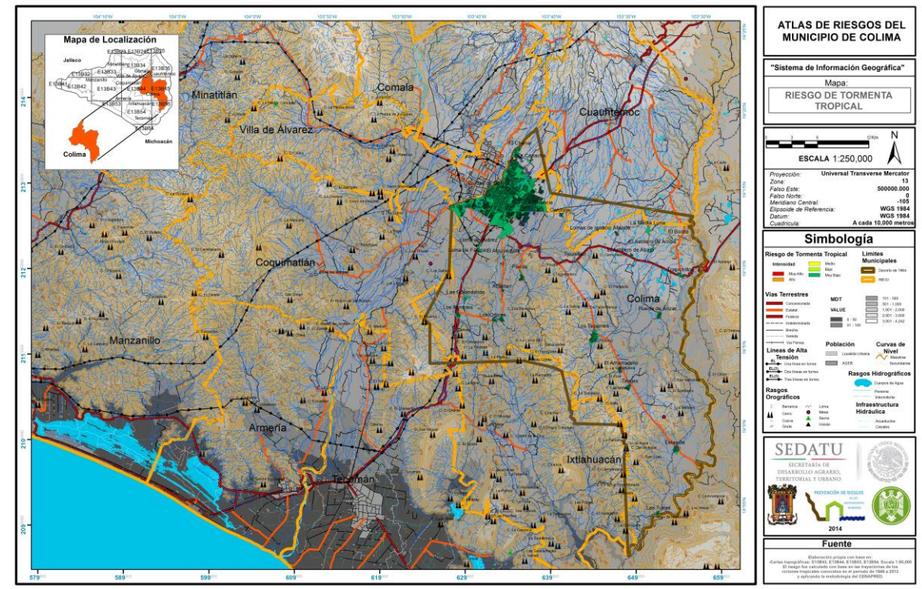


Figura 5.126.- Mapa de riesgo por tormenta tropical en las localidades del municipio de Colima.

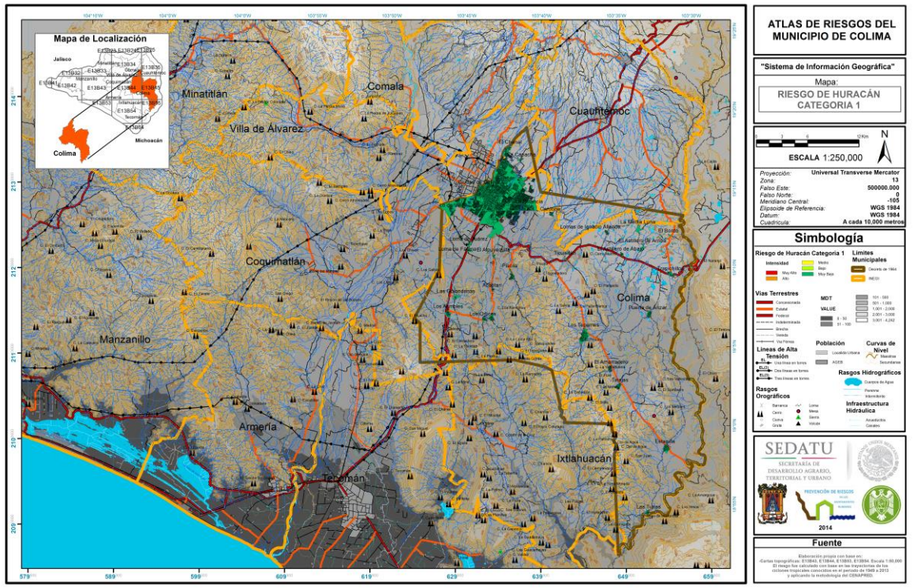


Figura 5.127.- Mapa de riesgo por huracán categoría 1 en las localidades del municipio de Colima.

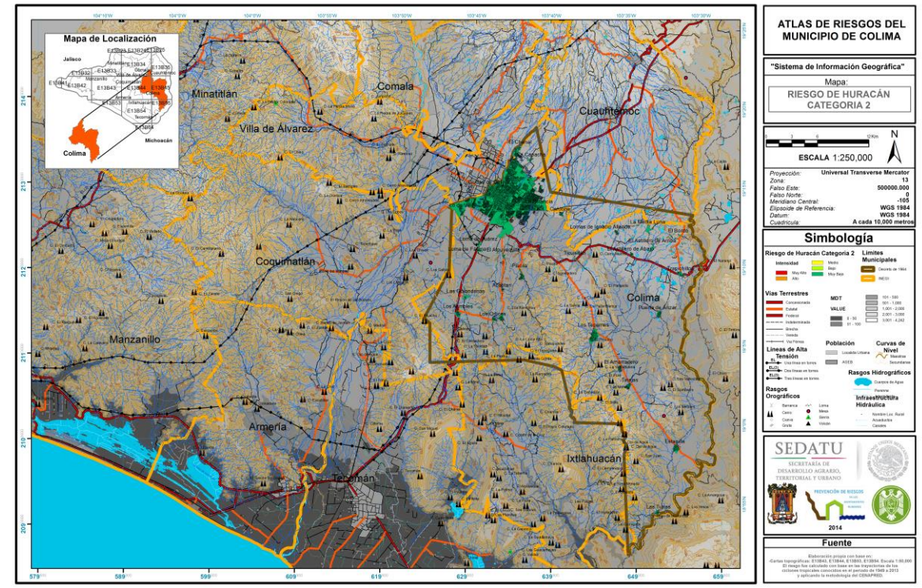


Figura 5.128.- Mapa de riesgo por huracán categoría 2 en las localidades del municipio de Colima.

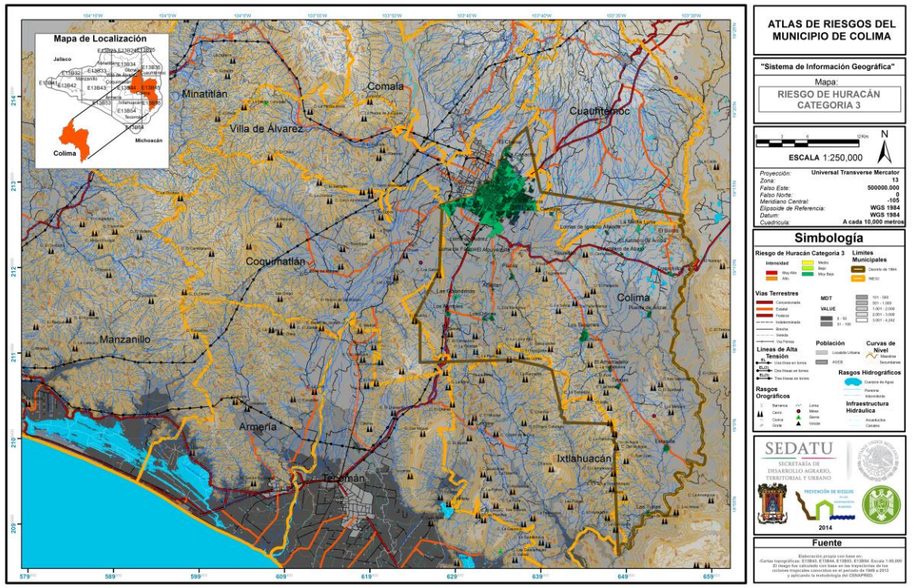


Figura 5.129.- Mapa de riesgo por huracán categoría 3 en las localidades del municipio de Colima.

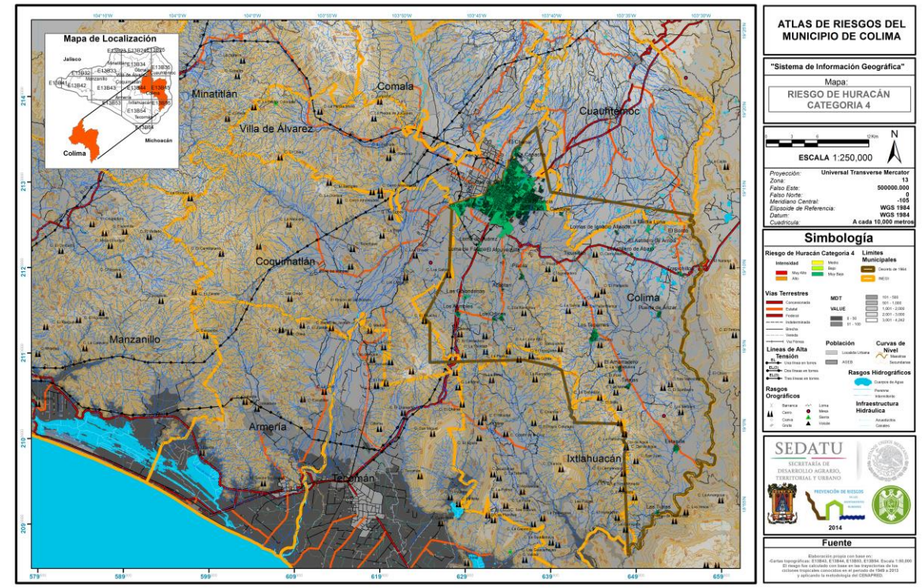


Figura 5.130.- Mapa de riesgo por huracán categoría 4 en las localidades del municipio de Colima.

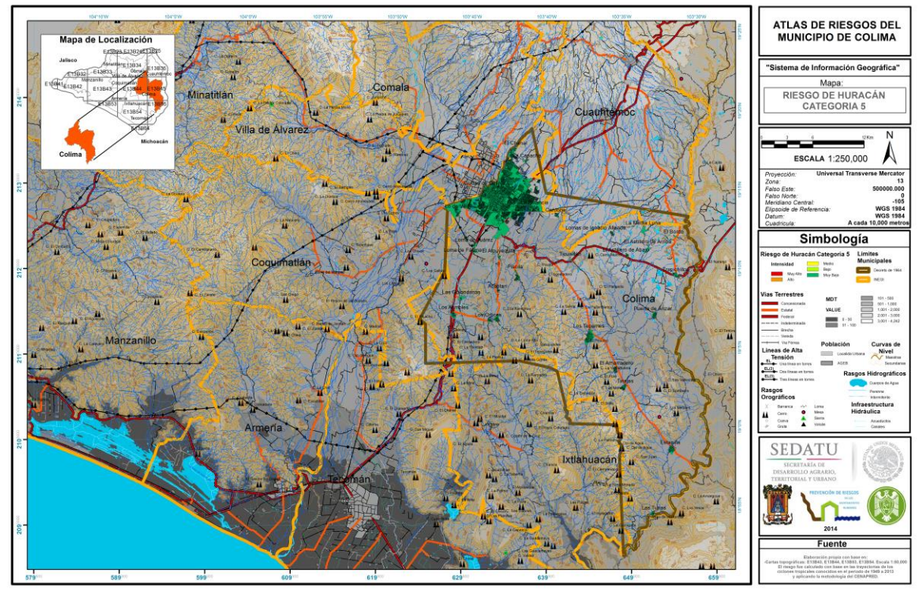


Figura 5.131.- Mapa de riesgo por huracán categoría 5 en las localidades del municipio de Colima.

5.17.5.3 Fichas Técnicas

Consultar el anexo B para ver este apartado.

5.17.6 Periodo de retorno de Ciclones tropicales

5.17.6.1 Metodología

Para calcular el periodo de retorno de ciclones tropicales según su categoría se usa la siguiente fórmula.

Pr = 1/V

En la Tabla 5.81 se muestran los años que transcurren antes de que vuelva a impactar un ciclón de determinada categoría. E valor “#¡DIV/0!” representa zonas donde no se han presentado impactos de ciclones tropicales en los últimos 65 años (1949-2013).

Tabla 5.81.- Resultados de periodos de retorno en años para ciclones tropicales.

Celda	143	144	145	181	182	183	319	320	321
Pr_DT	1.9	3.0	2.6	0.7	0.7	0.7	3.6	3.1	2.8
Pr_TT	3.1	8.1	4.3	0.9	0.9	0.8	4.1	3.1	4.1
Pr_H1	32.5	#¡DIV/0!	9.3	1.7	2.0	1.6	7.2	5.9	6.5
Pr_H2	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	65.0	6.5	4.1	5.0	16.3	9.3	7.2
Pr_H3	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	65.0	6.5	4.1	5.0	16.3	9.3	7.2
Pr_H4	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	21.7	13.0	16.3	#¡DIV/0!	21.7	10.8
Pr_H5	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	65.0	32.5	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	21.7	21.7

Período de retorno de ciclones tropicales. El periodo de retorno de un ciclón tropical se mide en los años que tarda en volver a impactar la misma zona, ya sea directo o sólo sus efectos de marea de tormenta, vientos o precipitación.

Depresiones tropicales. Una depresión tropical se repite en el municipio de Colima cada dos años en casi todo el territorio Colimense. Este impacto puede ser directo o incluso sólo aquellos que pasan cerca de las costas de Colima, pero que influyen lo suficiente como para ocasionar precipitaciones que pueden provocar inundaciones por desbordamiento y encharcamientos.

Tormentas tropicales. En las localidades de Lo de Villa, Loma de Juárez, Loma de Fátima, El Alpuyequito, Piscila, Acatitán, Las Golondrinas, Las Guásimas, Los Asmoles, Los Ortices, El Amarradero, Tinajas, La Noria, Estapilla y Las Tunas, el tiempo que tardan en volver a impactar las tormentas tropicales es de 4 años, mientras que en las localidades de Puerta de Ánzar, Los Tepames, Trapichillos, El Astillero de Arriba, El Astillero de Abajo, Ticuizitán, El Bordo, Media Luna, La Loma de Ignacio Allende, Cardona, La Capacha, La Estancia, Colima y El Chanal pasan 5 años para que vuelva a hacer contacto una tormenta tropical en estas localidades.

Período de retorno de huracán categoría 1. En las localidades de Lo de Villa, Loma de Juárez, Loma de Fátima, El Alpuyequito, Piscila, Acatitán, Las Golondrinas, Las Guásimas, Los Asmoles y Los Ortices, transcurren de 10 a 12 años para que los efectos de un huracán categoría 1 impacten estas localidades y de 13 a 15 años para que afecte a localidades como Colima, La Estancia, Cardona, Ticuizitán, Puerta de Ánzar, Los Tepames, El Amarradero, Tinajas, La Noria, Estapilla y Las Tunas. De 16 a 18 años en las localidades La Capacha, El Chanal, Loma de Ignacio Allende, Media Luna, El Bordo, El Astillero de Arriba, El Astillero de Abajo y Trapichillos.

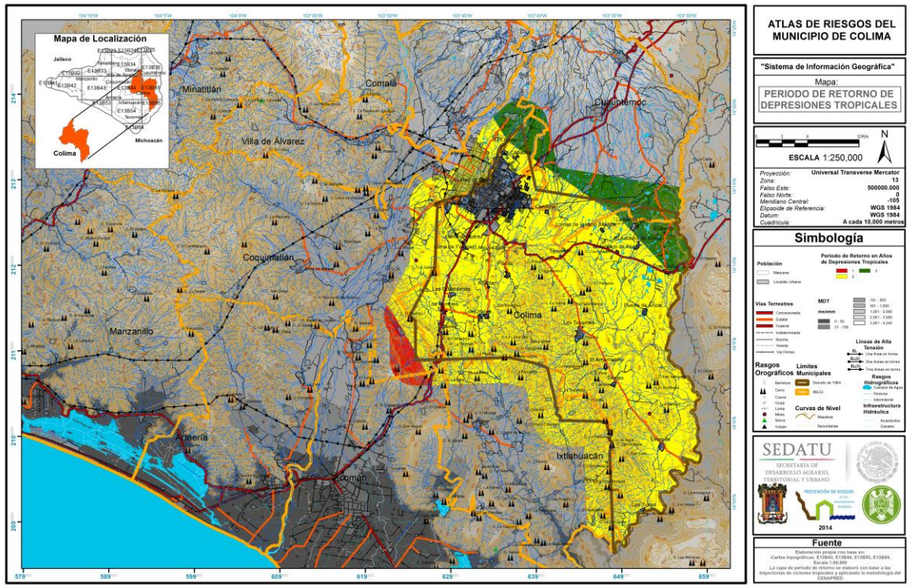


Figura 5.132.- Período de retorno de impacto de depresión tropical.

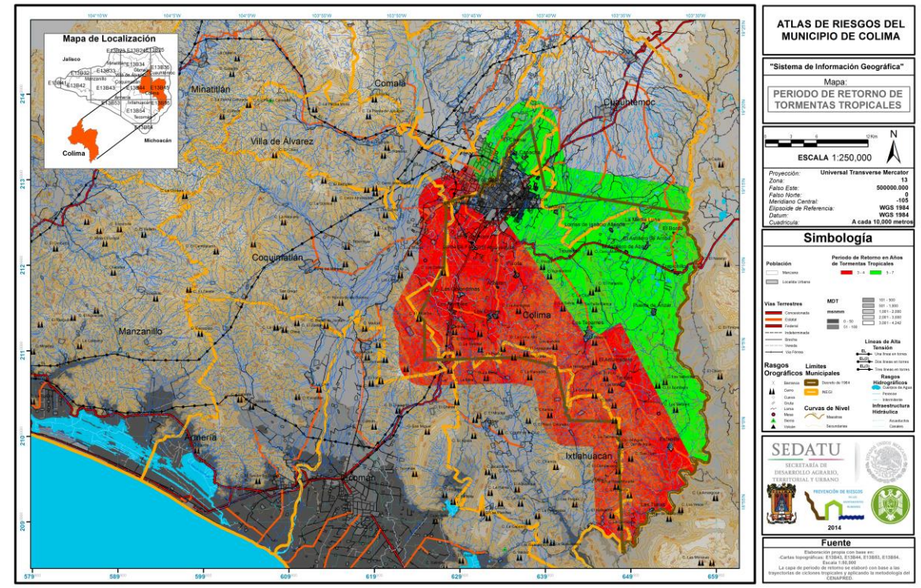


Figura 5.133.- Período de retorno de impacto de tormenta tropical.

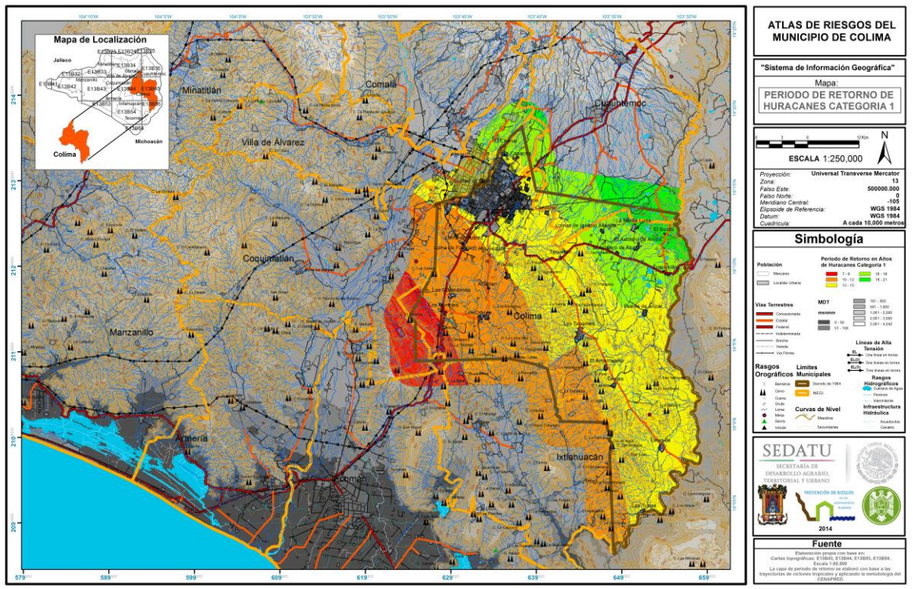


Figura 5.134.- Período de retorno de impacto de huracán categoría 1.

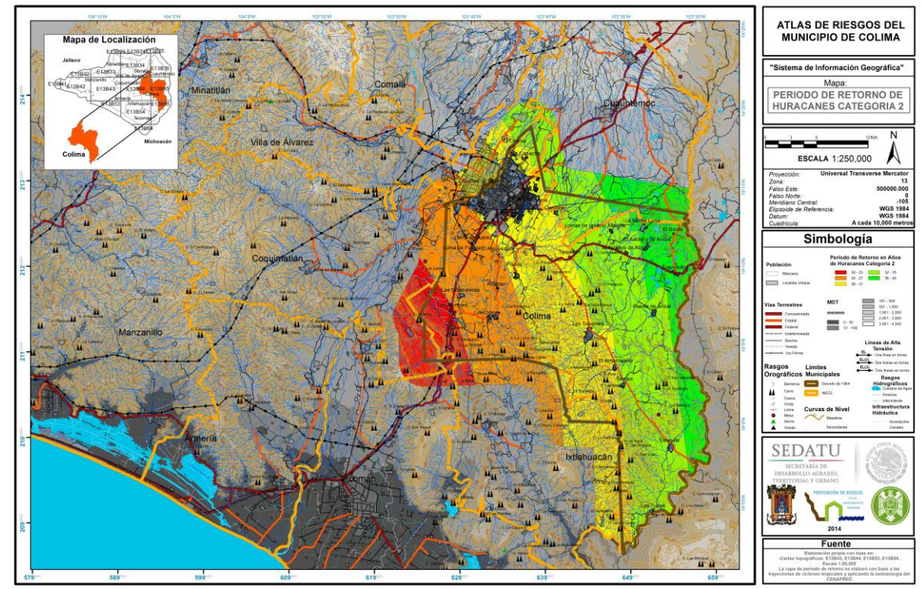


Figura 5.135.- Período de retorno de impacto de huracán categoría 2.

Período de retorno de huracán categoría 2. Para las localidades de Las Golondrinas, Los Asmoles y Los Ortices, el tiempo estimado es de 20 a 25 años para un huracán categoría 2.

En Colima, Lo de Villa, La Estancia, Loma de Juárez, Loma de Fátima, El Alpuyequito, Piscila, Acatitán y Las Guásimas, transcurren de 26 a 30 años para que un huracán categoría 2 afecte a estas localidades ya sea con precipitación o viento.

El período de retorno de los efectos de un huracán categoría 2 es de 31 a 33 años en las localidad de El Chanal, La Capacha, Cardona, La Loma de Ignacio Allende, Ticuizitán, Los Tepames, El Amarradero, Tinajas, La Noria y Las Tunas.

Para las localidades de Media Luna, El Astillero de Arriba, El Astillero de Abajo, Trapichillos, Puerta de Ánzar y Estapilla el período de retorno es de 34 a 37 años.

Período de retorno de huracán categoría 3. Los Asmoles es la única localidad que tiene el período de retorno más bajo para un huracán categoría 3, el cual advierte de 20 a 24 años. En las localidades de Lo de Villa, Loma de Juárez, Loma de Fátima, El Alpuyequito, Piscila, Acatitán, Las Golondrinas y Los Ortices, llega a transcurrir de 25 a 29 años entre un evento y otro. El período de retorno en los sitios de Colima, El Chanal, La Capacha, La Estancia, Cardona, La Loma de Ignacio Allende, Ticuizitán, Los Tepames, El Amarradero y Tinajas, es de 30 a 34 años. En las localidades de Media Luna, Astillero de Arriba, El Astillero de Abajo, El Bordo, Trapichillos, Puerta de Ánzar, Estapilla y Las Tunas, el período de retorno es de 35 a 38 años.

Período de retorno de huracán categoría 4. Prácticamente, todo el municipio de Colima tiene un período de retorno estimado de 60 a 62 años para que un huracán categoría 4 afecte en la zona.

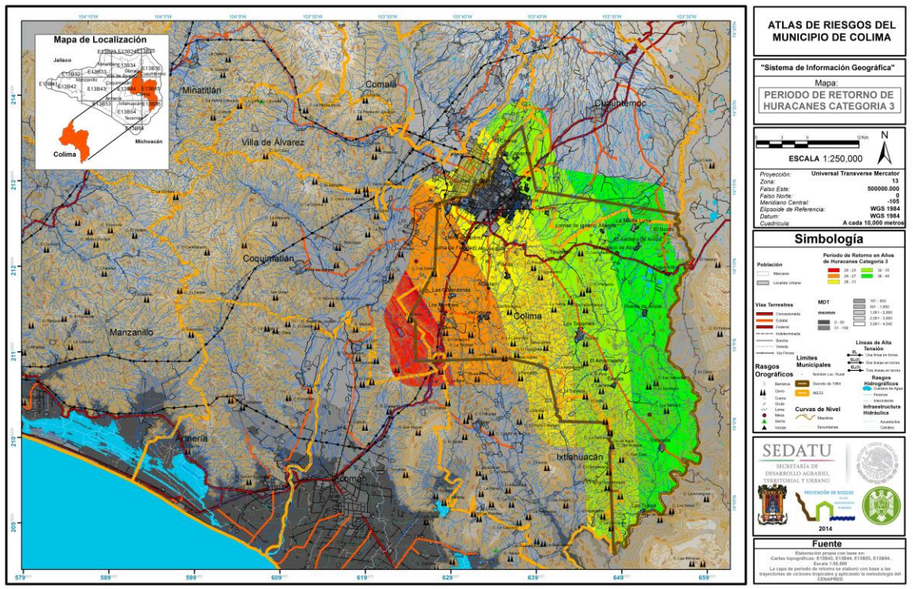


Figura 5.136.- Período de retorno de impacto de huracán categoría 3.

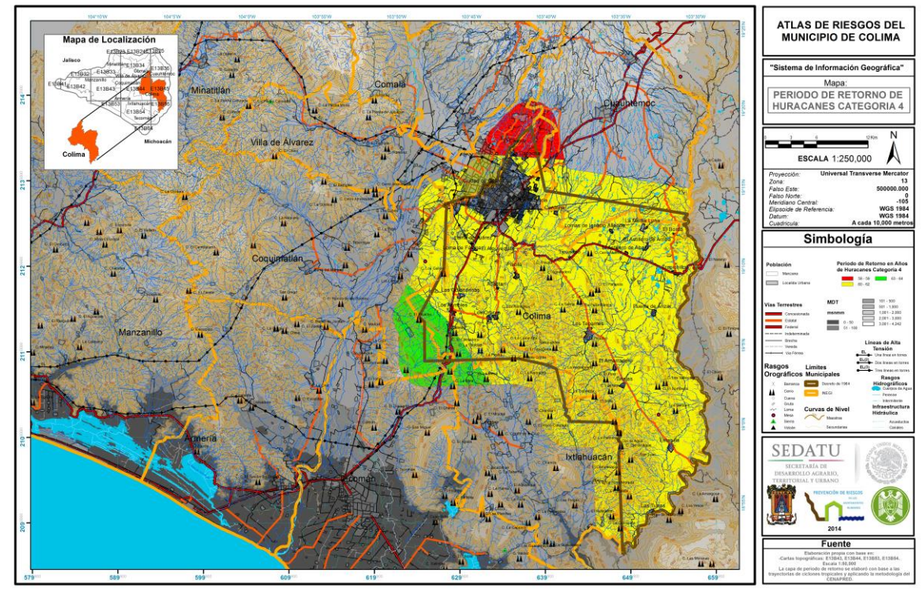


Figura 5.137.- Período de retorno de impacto de huracán categoría 4.

Período de retorno de huracán categoría 5. Debido a que en las cercanías al municipio de Colima no han transitado un huracán categoría 5 en los últimos 65 años (1949-2013), el período de retorno esperado es el máximo, que es relativo a 65 años.

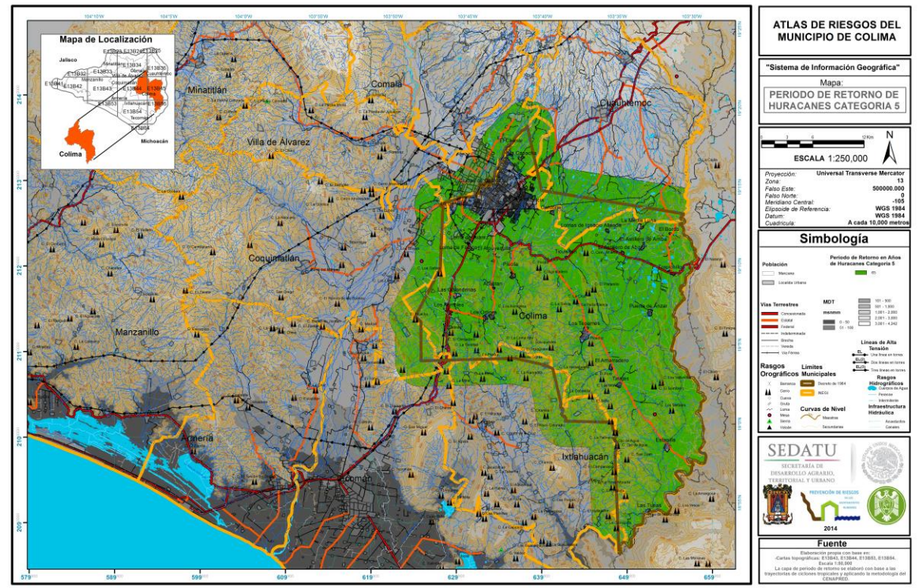


Figura 5.138.- Período de retorno de impacto de huracán categoría 5.

5.18 TORNADOS

Perturbación atmosférica con poca área de influencia, se manifiesta en forma de masa de aire inestable, gira rápidamente en un torbellino cuya base fluctúa de 100 hasta 300 metros de diámetro, donde la presión atmosférica es menor a la del aire envolvente y el viento puede alcanzar una velocidad de 300 a 800 km. por hora. La parte superior no suele alcanzar más de un kilómetro de diámetro.

Se origina por el contacto, generalmente durante las transiciones estacionales, entre masas de aire caliente y aire frío. Normalmente aparece colgando de la base un *cumulonimbus* y su apariencia es la de un embudo o una trompa de elefante.

Si un tornado pasa sobre un río, un lago o el mar, su tubo absorbe por succión grandes cantidades de agua. En el mar, este fenómeno recibe el nombre de manga.

Un tornado mientras absorbe polvo, escombros y cuanto encuentra a su paso, el tubo del embudo avanza impetuoso, dejando a su paso una estela de muerte y destrucción, a lo largo, a veces, de 350 kilómetros de recorrido.

En nuestro estado, las condiciones geográficas, hacen casi imposible la presencia de tornados, pero por su naturaleza habrá de considerarse como altamente peligroso, todo efecto que este fenómeno, pueda causar sobre la población, bienes y entorno.

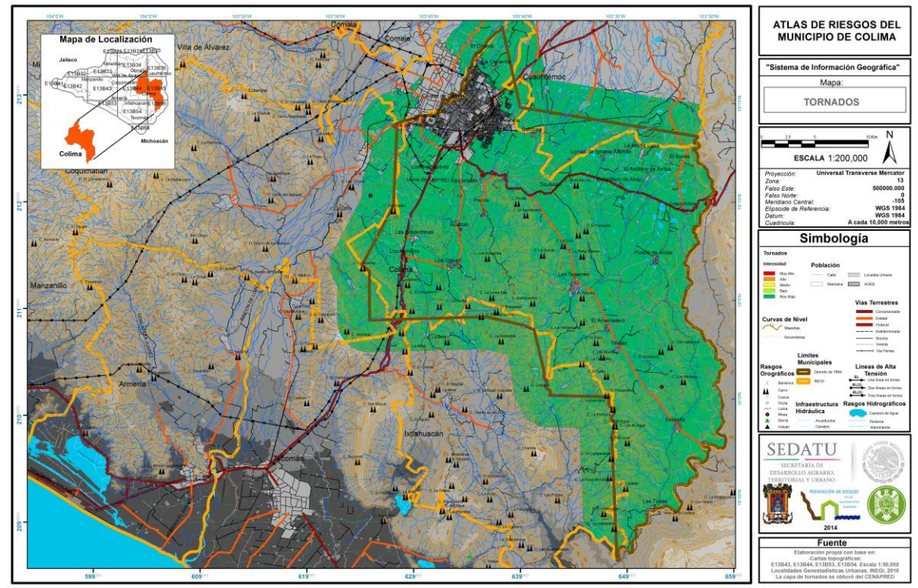


Figura 5.139.- Tornados en el municipio de Colima.

5.19 TORMENTAS DE POLVO

Una tormenta de polvo o arena es un fenómeno meteorológico común en las regiones áridas y semiáridas. Las tormentas de polvo surgen cuando un frente de ráfagas u otro fuerte viento sopla la arena suelta y la suciedad de la superficie seca. Las partículas son transportadas por saltación y la suspensión, un proceso que se mueve el suelo de un lugar y lo deposita en otro.[185]

Este tipo de fenómeno no se presenta en el municipio de Colima, sin embargo según el Servicio Meteorológico Nacional mediante el Monitor de Sequía de América del Norte (NADM), el municipio de Colima tiene clasificación Anormalmente Seco (D0) en intensidad de la sequía. Se trata de una condición de sequedad, no es una categoría de sequía. Se presenta al inicio o al final de un periodo de sequía:

1. Al inicio de un período de sequía: debido a la sequedad de corto plazo puede ocasionar el retraso de la siembra de los cultivos anuales, un limitado crecimiento de los cultivos o pastos y existe el riesgo de incendios.
2. Al final del período de sequía: puede persistir déficit de agua, los pastos o cultivos pueden no recuperarse completamente.[186]

[185] Wikipedia. Definición de Dust storm. http://en.wikipedia.org/wiki/Dust_storm
[186] Servicio Meteorológico Nacional. Clasificación de la Intensidad de la Sequía. http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=237:clasificacion-de-la-severidad-de-la-sequia&catid=16:general&Itemid=167

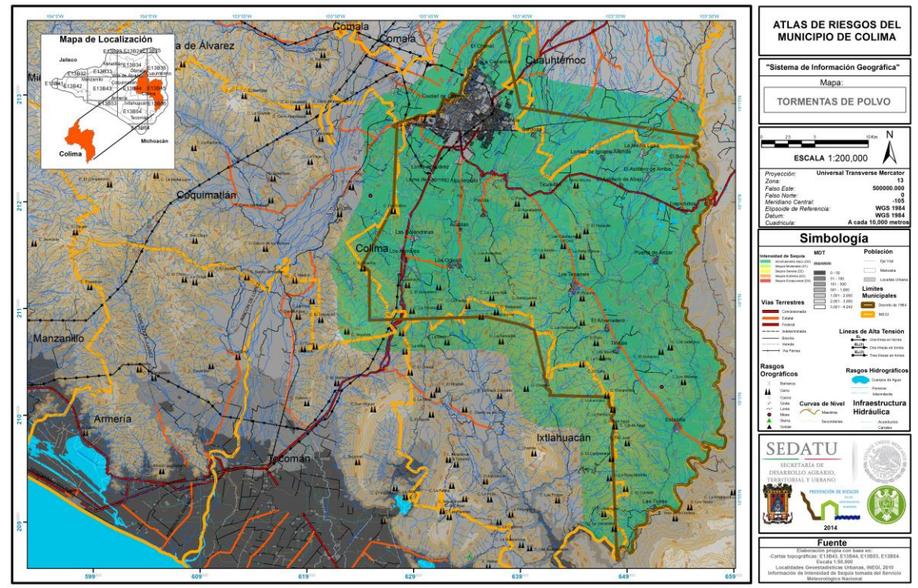


Figura 5.140.- Mapa de tormentas de polvo del municipio de Colima.

5.20 TORMENTAS ELÉCTRICAS

Fenómeno meteorológico que consiste en la descarga pasajera de corriente de alta tensión en la atmósfera, a la vista, se manifiesta en forma de relámpago luminoso que llena de claridad el cielo y al oído, como ruido ensordecedor, el cual se le conoce comúnmente como trueno. Este fenómeno se presenta en las nubes de tipo *cumulonimbus*.

Las descargas eléctricas, imprevistas y violentas, tienen lugar entre nube y nube, es a lo que se conoce con el nombre de relámpago; o entre una nube y la tierra, al cual se le da el nombre de rayo. Ambas se deben a diferencias de potencial muy elevadas en el ámbito de la atmósfera, pero son los rayos quienes producen efectos abrasadores y destructivos.

En la mayoría de los casos, las tormentas eléctricas están relacionadas con precipitaciones (sólidas, como el granizo, o líquidas, como la lluvia), por lo que en función del área geográfica y las condiciones en las que se presenten, será la magnitud del posible daño, es conveniente tomar en cuenta que si bien es cierto los efectos que tienen las descargas son destructivos, también lo es que este tipo de fenómenos, principalmente causan la interrupción de algunos servicios vitales, incendios, por lo que sin dejar de establecer las medidas preventivas para evitar y/o mitigar sus efectos sobre la población, habrán de establecerse los mecanismos interinstitucionales que permitan dar una atención óptima de acuerdo a la intensidad con la que se presente, y el riesgo que ésta represente, considerándola de baja intensidad, cuando cause daños en zonas aisladas, los cuales puedan ser controlados de manera inmediata y de forma local, sin que represente un riesgo para la población; de media, cuando el fenómeno provoca daños en uno o más medios de suministro de servicios (energía eléctrica y telecomunicaciones, principalmente), llega a causar la muerte a animales, y representa un alto riesgo para la población; y de alta, cuando además de los efectos ya señalados, llegaran a producir incendios importantes, y existan pérdidas humanas.

5.20.1 Peligro

5.20.1.1 Metodología

Como lo indica la metodología de la SEDATU “Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo 2014” se formó una base de datos con la información de las estaciones meteorológicas del Servicio Meteorológico Nacional de la Comisión Nacional del Agua. En la Figura 5.141 se muestra la ubicación geográfica de las estaciones de la cual se consiguió la base de datos desde 1951 a 2010. En color verde se muestran las estaciones que se encuentran dentro de los límites del municipio de Colima y en color azul aquellas que se localizan en el resto del estado de Colima.

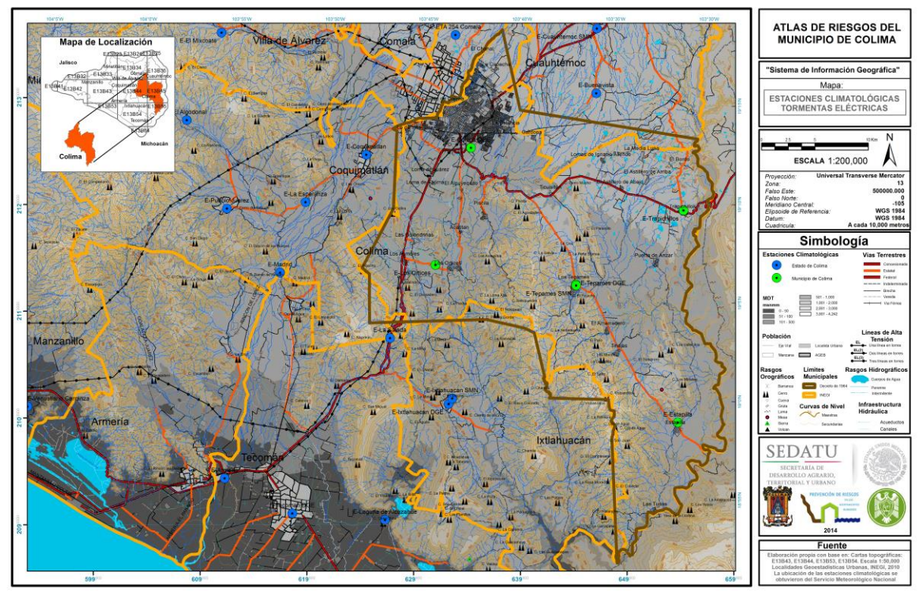


Figura 5.141.- Estaciones meteorológicas que registran días con tormentas eléctricas. Fuente: Elaboración propia con datos de la Comisión Nacional del Agua.

En la Tabla 5.82 se muestra la base de datos que se obtuvo de la Comisión Nacional del Agua correspondiente al período de 1951 a 2010. Los datos que se obtuvieron representan la media de días con tormentas eléctricas por mes.

Tabla 5.82.- Bases de datos de días promedio con tormentas eléctricas al mes durante el período de 1951 a 2010.

Estación	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	PROMEDIO
Armería	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.70	0.90	0.60	0.10	0.10	0.00	2.70	0.23
Buenavista	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.60	0.60	0.30	0.20	0.00	0.00	2.10	0.18
Callejones	0.30	0.10	0.00	0.00	0.30	1.80	3.40	3.40	3.30	1.70	0.20	0.00	14.50	1.21

Estación	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	PROMEDIO
Cerro de Ortega	0.10	0.00	0.00	0.00	0.30	1.60	2.30	3.00	2.60	1.90	0.50	0.20	12.50	1.04
Chandiablo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.10	0.10	0.20	0.10	0.10	0.00	0.90	0.08
Colima DGE	0.10	0.10	0.00	0.10	0.50	3.80	6.00	5.60	4.20	1.50	0.40	0.20	22.50	1.88
Comala	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	1.50	3.20	3.00	2.40	0.80	0.10	0.00	11.20	0.93
Comatlán	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	1.20	1.30	0.90	0.10	0.00	0.00	3.90	0.33
Coquimatlán	0.00	0.10	0.00	0.10	0.20	1.40	2.60	2.50	2.70	0.90	0.10	0.10	10.70	0.89
Cuauhtémoc DGE	0.10	0.00	0.20	0.20	0.50	1.60	1.80	2.10	1.70	0.90	0.20	0.00	9.30	0.78
Cuauhtémoc SMN	0.10	0.00	0.00	0.20	0.40	1.30	2.60	1.80	1.40	0.50	0.20	0.20	8.70	0.73
El Algodonal	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.40	0.20	0.20	0.00	0.00	0.90	0.08
El Charco	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
El Mixcoate	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
El Terrero	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Estapilla	0.00	0.00	0.10	0.00	0.10	0.40	1.10	0.30	0.40	0.10	0.00	0.00	2.50	0.21
ETA 254 Comala	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.02
Ixtlahuacán DGE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.30	0.20	0.00	0.00	0.00	0.90	0.08
Ixtlahuacán SMN	0.10	0.00	0.10	0.20	0.60	2.40	3.30	3.80	2.80	1.70	0.60	0.30	15.90	1.33
La Esperanza	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.20	0.02
La Salada	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.70	1.10	0.50	0.10	0.10	0.00	2.70	0.23
Laguna de Alcuzahue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Laguna de Amela	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Los Ortices V	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Los Ortices	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.10	0.01
Madrid	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	1.60	1.60	2.60	2.40	0.70	0.20	0.10	9.40	0.78
Manuel Ávila Camacho	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Minatitlán	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	1.80	2.50	1.50	0.50	0.00	0.00	6.90	0.58
Peñitas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	1.50	3.10	2.90	2.40	0.80	0.20	0.10	11.40	0.95
Pueblo Juárez	0.30	0.00	0.00	0.00	0.10	1.20	1.50	1.90	1.30	0.30	0.10	0.00	6.70	0.56
Punta de Agua DGE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Punta de Agua SMN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Quesería	0.10	0.10	0.00	0.10	0.80	1.30	2.30	1.40	1.10	0.70	0.20	0.10	8.20	0.68
San José de Lumber	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tecomán DGE	0.10	0.00	0.00	0.00	0.10	1.50	2.50	2.40	2.20	0.90	0.30	0.00	10.00	0.83
Tepames DGE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.50	0.50	0.40	0.10	0.00	0.00	1.80	0.15
Tepames SMN	0.00	0.10	0.10	0.00	0.30	1.90	2.80	3.00	2.20	0.80	0.20	0.10	11.50	0.96
Trapichillos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Venustiano Carranza	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.20	0.30	0.00	0.00	0.00	0.60	0.05

En la Tabla 5.83 se muestra los datos de días con tormentas eléctricas registrados por las estaciones que se encuentran en el municipio de Colima. La estación Colima DGE es la que más registró tormentas eléctricas en la zona de estudio, seguida de la estación Tepames SNM y Estapilla, la representación gráfica se muestra en la Figura 5.142.

Tabla 5.83.- Datos de días con tormentas eléctricas de las estaciones climatológicas que se encuentran dentro de los límites del municipio de Colima.

Estación	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	PROMEDIO
Colima DGE	0.10	0.10	0.00	0.10	0.50	3.80	6.00	5.60	4.20	1.50	0.40	0.20	22.50	1.88
Estapilla	0.00	0.00	0.10	0.00	0.10	0.40	1.10	0.30	0.40	0.10	0.00	0.00	2.50	0.21
Los Ortices	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.10	0.01
Tepames DGE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.50	0.50	0.40	0.10	0.00	0.00	1.80	0.15
Tepames SMN	0.00	0.10	0.10	0.00	0.30	1.90	2.80	3.00	2.20	0.80	0.20	0.10	11.50	0.96
Trapichillos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

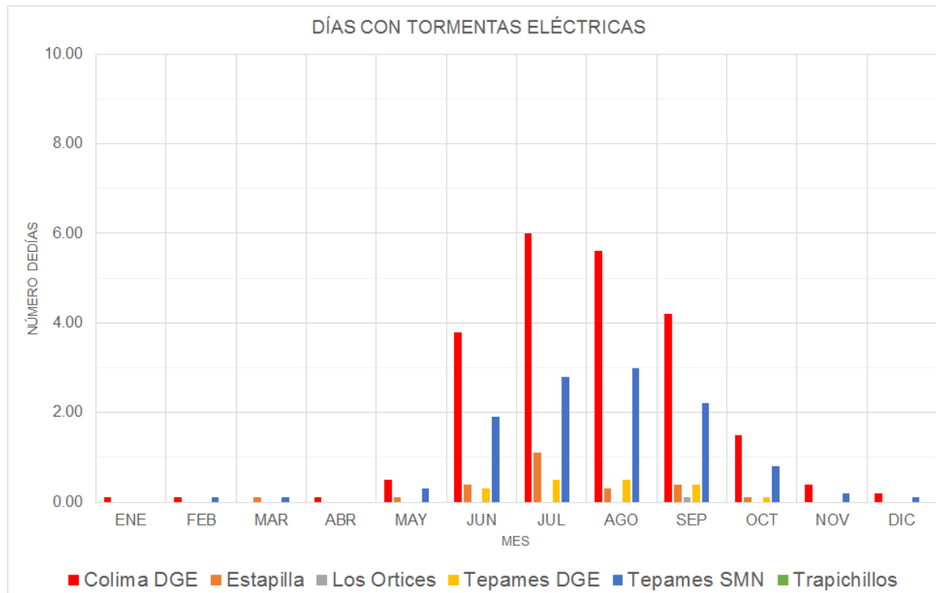


Figura 5.142.- Días con tormentas eléctricas en el municipio de Colima.

Los datos anteriores se interpolaron utilizando un malla de 1 km^2 y el método IDW (*Inverse Distance Weighting*) el cual consiste en la interpolación del punto problema asignando pesos a los datos del entorno en función inversa de la distancia que los separa la fórmula general es:

$$\hat{z}_j = \sum_{i=1}^{n} k_{ij} \cdot z_i$$

donde $\hat{z}_j$ es el valor estimado para el punto *j* ; *n* es el número de puntos usados en la interpolación; z_i el valor en el punto *i*-ésimo y k_{ij} el peso asociado al dato *i* en el cálculo del nodo *j*. Los pesos *k* varían entre 0 y 1 para cada dato y la suma total de ellos es la unidad. Para establecer una función de proporcionalidad entre el peso y la distancia, la fórmula general queda como sigue:

$$\hat{z}_j = \frac{\sum_i \frac{z_i}{d_{ij}^{\beta}}}{\sum_i \frac{1}{d_{ij}^{\beta}}}$$

donde $k_{ij} = 1/d_{ij}^{\beta}$ y b es un exponente de ponderación que controla la forma en la que el peso disminuye con la distancia.

5.20.1.2 Memoria de cálculo

La Tabla 5.84 muestra los resultados del método de interpolación IDW a los datos de días con tormentas eléctricas en el municipio de Colima.

Tabla 5.84. Malla de 1 km^2 con los datos del resultado de interpolar de los datos de días con tormentas eléctricas.

Celda	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
1	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9
2	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	0.62	0.62	0.64	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9
3	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	0.62	0.57	0.57	0.60	0.62	0.65	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9
4	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	0.40	0.41	0.47	0.53	0.57	0.61	0.64	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9
5	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	0.15	0.04	0.24	0.40	0.49	0.56	0.60	0.63	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9
6	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	0.22	0.17	0.27	0.40	0.50	0.57	0.61	0.63	0.64	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9
7	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	0.43	0.35	0.33	0.38	0.46	0.54	0.60	0.63	0.64	0.64	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9
8	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	0.52	0.48	0.47	0.51	0.56	0.61	0.65	0.66	0.66	0.64	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9
9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	0.66	0.64	0.62	0.62	0.64	0.69	0.71	0.72	0.71	0.69	0.65	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9
10	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	0.75	0.75	0.76	0.77	0.79	0.81	0.82	0.83	0.82	0.78	0.73	0.67	0.58	0.50	0.41	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9
11	-9	-9	-9	-9	-9	0.74	0.76	0.78	0.82	0.85	0.89	0.93	0.98	1.00	1.00	0.97	0.92	0.85	0.79	0.69	0.60	0.50	0.40	0.30	0.22	0.19	0.22	0.29	0.36	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9
12	-9	-9	-9	-9	0.75	0.79	0.81	0.82	0.89	0.95	1.03	1.11	1.19	1.23	1.22	1.16	1.06	0.96	0.85	0.75	0.64	0.53	0.43	0.34	0.27	0.25	0.27	0.31	0.36	0.40	0.42	0.44	0.44	0.45	0.45	-9	-9
13	-9	-9	-9	0.79	0.80	0.82	0.84	0.88	0.95	1.04	1.16	1.30	1.42	1.48	1.46	1.36	1.21	1.07	0.93	0.80	0.66	0.55	0.48	0.40	0.34	0.32	0.33	0.35	0.38	0.40	0.41	0.42	0.42	0.42	0.42	-9	-9
14	-9	-9	-9	0.83	0.84	0.84	0.85	0.90	0.98	1.11	1.27	1.46	1.63	1.71	1.67	1.53	1.35	1.16	1.00	0.86	0.70	0.60	0.51	0.45	0.41	0.39	0.38	0.39	0.40	0.40	0.40	0.40	0.39	0.39	0.38	-9	-9
15	-9	-9	-9	0.87	0.87	0.86	0.86	0.91	0.99	1.13	1.33	1.55	1.75	1.85	1.81	1.64	1.43	1.23	1.05	0.86	0.74	0.64	0.56	0.49	0.45	0.42	0.42	0.41	0.41	0.40	0.39	0.37	0.36	0.35	-9	-9	-9
16	-9	-9	-9	0.89	0.88	0.86	0.86	0.90	0.98	1.13	1.32	1.56	1.76	1.85	1.81	1.65	1.44	1.24	1.07	0.88	0.76	0.66	0.59	0.53	0.49	0.45	0.43	0.40	0.38	0.36	0.33	0.33	0.31	0.28	0.27	-9	-9
17	-9	-9	-9	0.87	0.87	0.85	0.84	0.88	0.95	1.06	1.24	1.45	1.63	1.72	1.68	1.56	1.38	1.21	1.02	0.87	0.76	0.68	0.61	0.55	0.51	0.47	0.44	0.40	0.37	0.34	0.30	0.26	0.23	0.22	-9	-9	-9
18	-9	-9	-9	0.79	0.81	0.81	0.81	0.84	0.89	1.00	1.13	1.28	1.42	1.49	1.47	1.38	1.25	1.10	0.97	0.85	0.75	0.67	0.61	0.56	0.52	0.48	0.44	0.40	0.35	0.31	0.26	0.21	0.17	0.15	0.15	-9	-9

Celda	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
19	-9	-9	-9	0.69	0.73	0.73	0.74	0.76	0.82	0.90	1.00	1.09	1.19	1.25	1.24	1.18	1.11	1.00	0.90	0.81	0.72	0.66	0.60	0.56	0.52	0.48	0.44	0.40	0.33	0.27	0.22	0.15	0.11	0.09	0.09	0.11	-9
20	-9	-9	-9	0.60	0.64	0.66	0.67	0.69	0.73	0.78	0.85	0.90	0.97	1.02	1.03	1.00	0.95	0.87	0.82	0.75	0.69	0.64	0.59	0.55	0.52	0.48	0.42	0.37	0.32	0.25	0.17	0.11	0.05	0.03	0.04	0.07	-9
21	-9	-9	-9	0.53	0.57	0.62	0.60	0.60	0.61	0.65	0.69	0.72	0.77	0.82	0.84	0.81	0.78	0.77	0.72	0.67	0.63	0.61	0.58	0.55	0.52	0.46	0.43	0.38	0.31	0.24	0.16	0.08	0.02	0.00	0.02	-9	-9
22	-9	-9	0.44	0.49	0.52	0.53	0.53	0.55	0.52	0.52	0.54	0.58	0.61	0.67	0.71	0.73	0.72	0.71	0.68	0.65	0.60	0.57	0.55	0.54	0.50	0.47	0.43	0.39	0.32	0.25	0.16	0.08	0.03	0.01	0.02	-9	-9
23	-9	-9	0.43	0.47	0.48	0.48	0.46	0.45	0.40	0.38	0.38	0.41	0.47	0.52	0.58	0.62	0.64	0.64	0.63	0.61	0.59	0.59	0.55	0.54	0.52	0.51	0.48	0.43	0.37	0.30	0.21	0.13	0.07	0.05	0.05	-9	-9
24	-9	0.42	0.44	0.45	0.45	0.43	0.39	0.35	0.28	0.24	0.22	0.26	0.34	0.42	0.49	0.54	0.58	0.59	0.59	0.58	0.57	0.56	0.54	0.53	0.52	0.51	0.48	0.46	0.40	0.34	0.26	0.19	0.14	0.11	-9	-9	-9
25	-9	0.45	0.44	0.44	0.42	0.39	0.34	0.27	0.19	0.12	0.09	0.14	0.23	0.34	0.42	0.49	0.53	0.55	0.56	0.56	0.55	0.55	0.53	0.53	0.52	0.52	0.50	0.47	0.42	0.36	0.32	0.26	0.21	0.18	-9	-9	-9
26	0.49	0.47	0.45	0.43	0.40	0.36	0.30	0.23	0.13	0.04	0.02	0.07	0.17	0.29	0.39	0.45	0.50	0.53	0.54	0.55	0.55	0.54	0.53	0.53	0.53	0.52	0.51	0.49	0.45	0.40	0.35	0.30	0.26	0.25	-9	-9	-9
27	0.51	0.48	0.45	0.42	0.39	0.35	0.29	0.22	0.13	0.05	0.02	0.07	0.17	0.28	0.38	0.43	0.49	0.52	0.54	0.54	0.54	0.54	0.53	0.52	0.53	0.53	0.52	0.50	0.47	0.43	0.39	0.35	0.31	-9	-9	-9	-9
28	0.52	0.48	0.45	0.41	0.38	0.34	0.31	0.25	0.18	0.11	0.09	0.13	0.21	0.30	0.39	0.43	0.48	0.51	0.53	0.53	0.54	0.54	0.53	0.45	0.55	0.55	0.53	0.51	0.48	0.45	0.42	0.38	0.35	-9	-9	-9	-9
29	-9	0.47	0.43	0.40	0.37	0.34	0.32	0.28	0.24	0.20	0.20	0.22	0.28	0.35	0.41	0.44	0.48	0.52	0.53	0.53	0.54	0.55	0.56	0.61	0.58	0.55	0.54	0.51	0.49	0.46	0.43	0.41	0.38	0.36	-9	-9	-9
30	-9	0.46	0.42	0.38	0.35	0.32	0.32	0.31	0.29	0.28	0.29	0.31	0.35	0.39	0.44	0.48	0.50	0.52	0.53	0.53	0.54	0.55	0.56	0.57	0.57	0.55	0.53	0.51	0.49	0.46	0.44	0.41	0.40	-9	-9	-9	-9
31	-9	0.41	0.40	0.35	0.32	0.30	0.30	0.31	0.32	0.34	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.50	0.51	0.53	0.54	0.53	0.54	0.54	0.55	0.55	0.55	0.54	0.53	0.51	0.49	0.46	0.44	0.42	0.40	-9	-9	-9	-9
32	-9	0.40	0.35	0.31	0.29	0.25	0.26	0.29	0.33	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.51	0.53	0.53	0.53	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.53	0.52	0.50	0.48	0.46	0.44	0.42	0.40	-9	-9	-9	-9
33	-9	0.39	0.35	0.30	0.26	0.23	0.23	0.26	0.31	0.36	0.43	0.47	0.51	0.53	0.55	0.54	0.52	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.52	0.50	0.49	0.47	0.45	0.43	0.41	0.39	0.38	-9	-9	-9
34	-9	0.36	0.33	0.30	0.27	0.24	0.24	0.27	0.34	0.41	0.48	0.53	0.55	0.58	0.57	0.57	0.55	0.54	0.54	0.53	0.53	0.53	0.52	0.52	0.51	0.50	0.49	0.47	0.45	0.43	0.41	0.39	0.38	0.36	0.36	-9	-9
35	-9	-9	-9	0.32	0.30	0.28	0.28	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	0.60	0.57	0.56	0.55	0.54	0.53	0.52	0.52	0.51	0.50	0.49	0.48	0.46	0.44	0.41	0.39	0.37	0.36	0.35	0.34	0.36	-9
36	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	0.58	0.56	0.54	0.53	0.52	0.51	0.50	0.49	0.47	0.46	0.44	0.42	0.39	0.37	0.33	0.32	0.31	0.31	0.31	0.31
37	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	0.59	0.57	0.55	0.53	0.52	0.50	0.49	0.48	0.46	0.42	0.45	0.42	0.39	0.33	0.31	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29
38	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	0.60	0.57	0.55	0.51	0.50	0.48	0.47	0.45	0.43	0.41	0.38	0.36	0.33	0.30	0.28	0.27	0.26	0.26	0.27	-9
39	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	0.60	0.56	0.54	0.51	0.50	0.48	0.46	0.44	0.42	0.40	0.37	0.34	0.31	0.28	0.25	0.24	0.24	0.24	0.25	0.27
40	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	0.58	0.54	0.52	0.50	0.48	0.46	0.44	0.42	0.39	0.36	0.32	0.29	0.26	0.23	0.22	0.22	0.23	0.24	0.26
41	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	0.55	0.53	0.51	0.50	0.48	0.46	0.44	0.41	0.39	0.35	0.32	0.28	0.25	0.22	0.21	0.21	0.22	0.23	0.25
42	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	0.51	0.50	0.48	0.46	0.44	0.41	0.39	0.35	0.32	0.28	0.25	0.23	0.21	0.21	0.22	0.24	0.25
43	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	0.46	0.44	0.42	0.39	0.36	0.33	0.29	0.26	0.24	0.23	0.23	0.23	0.25	0.26
44	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	0.46	0.45	0.42	0.40	0.37	0.34	0.31	0.28	0.26	0.25	0.25	0.25	-9	0.28
45	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	0.47	0.45	0.43	0.41	0.39	0.36	0.33	0.31	0.29	0.28	0.28	0.29	-9	-9
46	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	0.51	0.49	0.47	0.44	0.41	0.39	0.36	0.34	0.32	0.32	-9	-9	-9
47	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	0.52	0.51	0.49	0.47	0.44	0.41	0.39	0.37	0.36	0.35	-9	-9	-9
48	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	0.54	0.53	0.51	0.50	0.47	0.45	0.43	0.41	-9.00	-9	-9	-9	-9
49	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	0.57	0.56	0.54	0.53	0.51	0.48	0.46	0.45	0.43	-9	-9	-9	-9
50	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	0.59	0.59	0.57	0.56	0.54	0.52	-9	-9	0.47	-9	-9	-9	-9
51	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	0.63	0.62	0.61	0.59	0.58	0.56	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9
52	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	0.67	0.66	0.65	0.63	0.62	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9
53	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	0.69	0.68	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9
54	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	0.74	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9

5.20.1.3 Resultados

En la Tabla 5.84 muestra que en el municipio de Colima el número de días con tormentas eléctricas es de 1.85.

Siguiendo la metodología del CENAPRED, en la Tabla 5.85 se muestra la ponderación que se le asigna al peligro de tormentas eléctricas. Para el caso del municipio de Colima el peligro es Bajo, ya que su valor máximo es de 1.85.

Tabla 5.85.- Ponderación del peligro con base a la metodología del CENAPRED.

Número de días con tormentas eléctricas	Valor	Índice	Categoría
Cero	0	0	Muy Bajo
1 a 9	1	0.25	Bajo
10 a 19	2	0.5	Medio
20 a 29	3	0.75	Alto
> 30	4	1	Muy Alto

En la Figura 5.143 se muestra el mapa de peligro por tormentas eléctricas en el municipio de Colima. Todo el municipio de Colima se encuentra en peligro Bajo

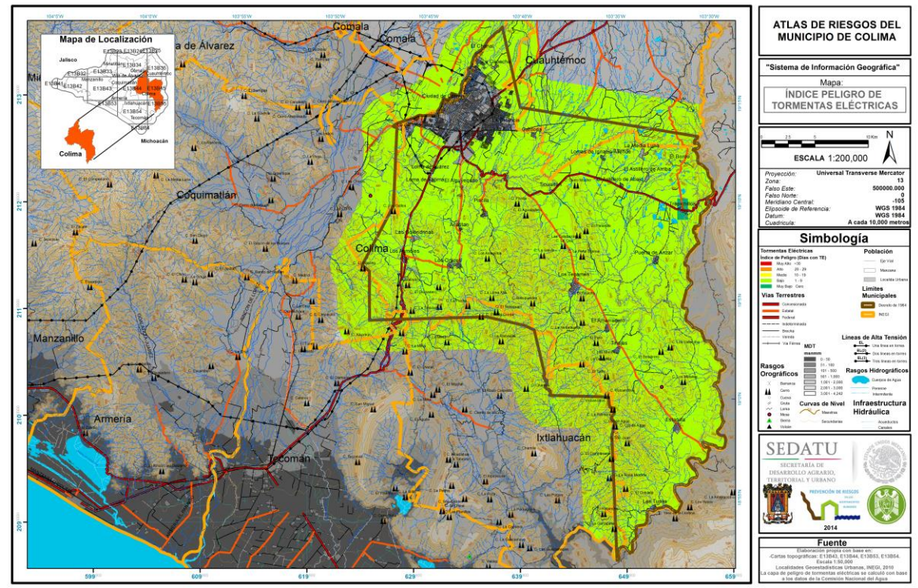


Figura 5.143.- Mapa de peligro de tormenta eléctricas en el municipio de Colima.

En la Figura 5.143 se puede apreciar que Trapichillos es la única localidad que se encuentra en peligro Muy Bajo, la cual tiene una población de 110 personas (Tabla 5.86). Mientras que el resto del municipio (27 localidad) tiene un peligro Bajo por este fenómeno con una población de 145,973 personas (Tabla 5.87).

Tabla 5.86.- Localidad que se encuentra en peligro Muy Bajo por tormentas eléctricas.

Clave	Nombre de Localidad	Total
0602116	Trapichillos	110

Tabla 5.87.- Localidades que se encuentran en peligro Bajo por tormenta eléctricas.

Clave	Nombre de Localidad	Total
0602001	Colima	137,383
0602049	Acatitán	196
0602053	El Alpuyequito	137
0602054	Los Asmoles	609
0602055	El Astillero de Abajo	147
0602056	El Astillero de Arriba	174
0602058	El Bordo	119

Clave	Nombre de Localidad	Total
0602064	La Capacha	128
0602071	El Chanal	820
0602074	Estapilla	354
0602076	Las Golondrinas	200
0602077	Las Guásimas (Las Borregas)	516
0602088	La Media Luna	63
0602089	Loma de Juárez (El Mezquite)	172
0602092	Los Ortices	262
0602098	Piscila	1,352
0602102	Cardona	383
0602104	Puerta de Ánzar	294
0602109	Los Tepames	1,655
0602110	Ticuizitán	32
0602112	Tinajas	307
0602117	Las Tunas	236
0602150	La Loma de Ignacio Allende	81
0602177	Rancho Nuevo	15
0602189	Loma de Fátima	120
0602195	El Amarradero	179
0602672	Prados de la Estancia	39

5.20.1.4 Fichas Técnicas

Consultar el anexo B para ver este apartado.

5.20.1.5 Obras y Acciones

Se recomienda hacer talleres informativos de los efectos de las tormentas de granizo a la población del municipio de Colima con la finalidad de remarcar la importancia de mantenerse informados de los boletines que emite la Comisión Nacional del Agua a través del Servicio Meteorológico Nacional y la unidad de protección civil municipal.

La estación que más días con tormentas eléctricas registra es la de Colima, por lo que se recomienda instalar pararrayos en los edificios más altos de esta ciudad y sobre todo en edificios estratégicos, ya que una tormenta eléctrica puede ocasionar daños a la red eléctrica y daños a los aparatos electrónicos como computadoras y sistemas expertos. Aun cuando el peligro de tormenta eléctrica en el municipio de Colima es bajo, en una sola ocasión puede provocar severos daños a los aparatos eléctricos.

Evitar salir de casa si no es necesario durante una tormenta eléctrica y/o cuando llueva. En caso de estar fuera evitar estar bajo los árboles o cerca de uno en mal estado ya que puede caer sobre este y derribarlo.

Alejarse de elementos que naturalmente atraen los rayos, como palos de golf, tractores, cañas de pescar, bicicletas o equipamiento de camping.

Alejarse de ríos, lagos u otras masas de agua. Si está solo en un potrero o pradera, y siente que su cabello se eriza (lo que indica que un relámpago está por caer), inclínese hacia delante, y ponga las manos en sus rodillas. Se recomienda una posición de pies juntos y encuclillado. No se acueste en el suelo y retire todos los objetos metálicos que se encuentren cerca.

5.21 LLUVIAS EXTREMAS

Las lluvias son fenómenos atmosféricos producidos por la condensación de las nubes. Consisten en la precipitación de gotas de agua líquida o sobre enfriada, cuyo diámetro es mayor a los 0.5 milímetros.

Las lluvias intensas producen un alto riesgo de inundación pluvial, y si existen montañas, la lluvia puede alcanzar valores extremos. Las fuertes precipitaciones pluviales que están asociadas a los huracanes, dependen de la prontitud con que este viaja, de su radio de acción y del área formada por nubes convectivas *cumulonimbus*.

La medición y registro de la precipitación pluvial y de la intensidad de la lluvia se efectúa con pluviómetros (recipiente graduado en milímetros en el que se mide la lluvia acumulada en un día) o pluviógrafos (dotado de un reloj que hace girar un cilindro con una hoja de papel en la que de manera continua se registra la altura de lluvia que se está acumulando. Determina la intensidad de lluvia en milímetros por hora).

Debido a la diversidad de los factores geográficos que afectan el territorio colimense, este recibe varios tipos de lluvias y de cantidad variable, lo que hace necesario se implemente una estrategia de acciones de coordinación, que permitan suplir las deficiencias naturales, materiales y humanas, así como prever la magnitud de sus efectos, y responder oportuna y eficientemente, ante la presencia de contingencias de esta naturaleza.

Para los efectos anteriores, habrá de considerarse como de baja intensidad, cuando estas ocasionen daños moderados, (principalmente a las vías de comunicación) que pueden ser superados de manera natural en un período breve de tiempo, sin que representen un riesgo gradual y progresivo, hacía la población, sus bienes y su entorno; de media, cuando el riesgo y los daños ocasionados son de consideración, afectando de forma importante la vida, bienes y su entorno; y de alta, cuando los daños son considerados como graves a la población y su entorno, y la situación de riesgo persiste, como altamente peligrosa.

5.21.1 Lluvias extremas en el municipio de Colima

Entre las 19:00 y las 20:00 horas del 31 de agosto de 2001 una fuerte lluvia en la zona Norte de la ciudad de Colima a la altura de la localidad de Joyitas, municipio de Villa de Álvarez, provocó el crecimiento anómalo del río Colima y del arroyo Pereyra. Hacia las 21:00 horas el desbordamiento se hizo presente en la ciudad de Colima inundando parcialmente el cine Jorge Sthal, saltando la barda del río Colima ubicado en la avenida de los Maestros, e invadiendo dicha avenida con troncos, lodo y agua y provocando el derribo del cableado eléctrico con el consecuente bloqueo del tráfico vehicular. Pocos minutos después el flujo de lodo y escombros se dirigió hacia el Hospital General de Zona N° 1 del Seguro Social, en donde el nivel de agua alcanzó el metro de altura, por lo que la salas de urgencias y hospitalización, quirófano y pediatría fueron evacuadas, quedando cubiertas por una gruesa capa de lodo, resultando severamente dañadas el área de rayos X, el acceso principal, el quirófano y el archivo, además del material quirúrgico, medicinas, mobiliario, y equipos de trabajo. El número de evacuados ascendió a más de un centenar quienes fueron trasladados inicialmente a la secundaria Enrique Corona Morfín y posteriormente al Hospital Regional Universitario.

El río Colima, que atraviesa toda la ciudad de Colima de Norte a Sur, presentó zonas de azolve en la mayoría de los puentes dentro de la ciudad, provocando una subida del nivel del lecho del río, alcanzando casi la altura de las calles circunvecinas, como fue en el caso en la Avenida de los Maestros, el puente de la ribera de la Corregidora, la calle Miguel Galindo, en donde un vehículo quedó atrapado, la calle Manuel Álvarez y la avenida 20 de Noviembre. Asimismo, fue suspendido temporalmente el tráfico en el tercer anillo periférico a la altura del río Colima ante el temor de que los puentes no resistieran el embate del agua, ya que la crecida del río socavó parcialmente parte del acotamiento carretero.[187]

[187] Bretón González M., La inundación del 31 de agosto de 2001 en la ciudad de Colima. 2001.

Doce años después, el Jueves 15 de Agosto de 2013, se registró una lluvia atípica que tuvo una precipitación de 91.2 milímetros por metro cuadrado en El Chanal (según reporte de la CONAGUA por la parte norte de Colima), por lo que los ríos y los 3 principales arroyos de la zona conurbada que atraviesan el municipio incrementaron su cauce en un 90% que arrastró ramas, árboles, material pétreo y, sobre todo, basura. La precipitación pluvial provocó el desbordamiento del arroyo de Manrique, a la altura de la avenida 20 de Noviembre y Lerdo de Tejada, además del arroyo El Tecolote y Pereyra llegando incluso a punto de desbordarse a la Altura de la Clínica Hospital del IMSS. en el cruce de las avenidas Venustiano Carranza y Tecnológico se reportó el colapso de una barda cercana a la tienda de autoservicio Wal-Mart, así como el arrastre de varios vehículos debido a la corriente de agua acumulada por el taponamiento de los desagües, al igual que la inundación de la agencia automotriz Peugeot que ahí se encuentra. El reporte de inundación del interior de la Plaza Zentralia, así como el taponamiento ocasionado por basura en las alcantarillas del paso a desnivel de este centro comercial, lo que ocasionó el cierre del tránsito vehicular en la zona debido a que se registraron 3 metros de agua en el área del puente. Señaló que en esta misma zona de la ciudad, se reportó un socavón en la avenida V. Carranza, a la altura de las oficinas del Infonavit, la cual permaneció temporalmente cerrada al tránsito. Entre las afectaciones se encuentra la caída de una estructura en el bar Indulto, ubicado sobre la avenida V. Carranza y la inundación en el Mercado Obregón, en el centro de esta ciudad capital.[188]

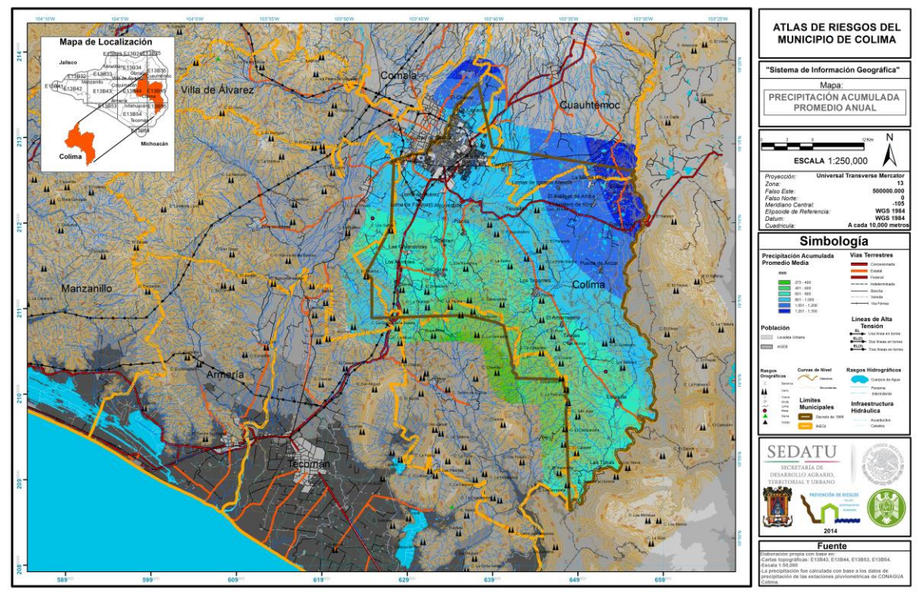


Figura 5.144.- Lluvias extremas en el municipio de Colima.

[188] Diario de colima. Tormenta causa graves daños Alfredo Quiles Cabrera/Marlene machuca Viernes 16 agosto 2013 7:16 am; Noticias del Noticiero Las afectaciones se presentaron en la zona norte de la capital. Francisco Espíritu Gómez Viernes/ 16 de Agosto de 2013; Colima Noticias. Reportan inundaciones y vehículos arrastrados tras fuerte tormenta **J**uan Carlos Flores Carrillo.

5.21.2 Metodología

Creación de una base de datos climatológicos con los valores de precipitación máxima mensual de cada una de las estaciones meteorológicas de la zona de estudio. Con los datos obtenidos se ajusta una distribución de probabilidad de valores extremos para cada una de las variables mencionando el método por el cual se determinaron los estimadores; posteriormente se determinan los periodos de retorno a 2, 5, 10, 25 y 50 años. Finalmente se establecen los rangos para las isolíneas de acuerdo a la distribución del sistema.

5.21.3 Memoria de Cálculo

Para realizar los mapas de lluvia extrema en el municipio de Colima, se analizaron los datos de 30 estaciones con datos hidrometeorológicos de lluvias máximas en 24 horas de un periodo desde 1949 a 2013, se ajustaron cada grupo de datos a una distribución de probabilidad. Con la distribución de mejor ajuste para cada estación se obtuvieron la precipitación máxima en 24 horas para los periodos de retorno de 5, 25, 50 y 100 años. Los resultados son mostrados en la Tabla 5.88

Tabla 5.88.- Lluvias extremas en 24 horas para periodos de retorno 5, 25, 50 y 100 años, de 30 estaciones climatológicas.

	Lluvias Extremas para diferentes periodo de retorno (años)			
ESTACIÓN	**5**	**25**	**50**	**100**
ARMERÍA	170.86	278.02	326.99	278.02
ÁVILA CAMACHO	135.28	264.87	349.93	461.1
BASILIO VADILLO	78.34	109.31	122.14	134.96
BUENAVISTA	117.97	180.68	208.26	236.64
CALLEJONES	143	238.94	283.53	330.69
CAMOTLÁN	176.34	273.3	311.69	348.86
CERRO DE ORTEGA	143.4	235.51	273.14	315.17
CHANDIABLO	109.26	171.11	195.68	219.51
CIHUATLÁN	206.65	335.58	394.42	456.1
COLIMA-COSTEÑO	113.12	199.42	252.2	318.39
COQUIMATLÁN	129.87	257.46	341.8	452.83
CUAHUTÉMOC	128.23	212.74	262.37	323.06
EL ALGODONAL	191.95	290.48	329.17	366.5
EL CHARCO	171.66	274.64	321.2	369.67
EL TERRERO	183.41	277.85	319.1	361.39
ESTAPILLA	90.55	134.04	150.98	167.28
ETA COMALA	116.45	171.87	195.68	219.9
IXTLAHUACÁN	142.52	237.09	280.91	327.2
LA ESPERANZA	140.78	225.1	263.21	302.96
LAGUNA DE AMELA	189.85	315.23	373.26	434.52
LOS ORTICES	107.75	205.7	255.16	309.72
MADRID	148.14	280.29	364.99	474.37

	Lluvias Extremas para diferentes periodo de retorno (años)			
ESTACIÓN	**5**	**25**	**50**	**100**
MINATITLÁN	139.35	245.5	310.38	391.74
PUNTA DE AGUA	167.04	283.94	338.44	396.34
SAN JOSÉ DE LUMBER	208.38	332.01	381.43	429.45
LA SALADA	136.4	265.06	348.99	458.57
TECOMÁN	143.96	279.23	367.37	482.36
TEPAMES	105.28	206.17	272.33	358.97
TRAPICHILLOS	118.94	151.39	162.2	171.93
VELADERO DE LOS OTATES	135.55	278.32	374.92	503.93

5.21.4 Análisis de Resultados

Para un periodo de retorno de 10 años se presentan lluvias extremas de 87-97 mm en un periodo de 24 horas, en la localidad de Estapilla. De 98-108 mm en las localidades de Tinajas, El Amarradero, Los Tepames, Las Guásimas, Acatitán y Piscila. De 109 - 120 mm en las localidades de Puerta de Ánzar, Trapichillos, El Astillero de Arriba, El Astillero de Abajo, La Media Luna, Loma de Ignacio Allende, Ticuizitán, Cardona, La Estancia, El Chanal La Capacha, Loma de Juárez, Loma de Fátima, El Alpuyequito, Las Golondrinas, Los Asmoles, Los Ortices, Las Tunas y la ciudad de Colima. Finalmente, las Localidades de El Bordo y Lo de Villa presentan lluvias extremas de 121-131 mm para el mismo periodo de retorno de 10 años.

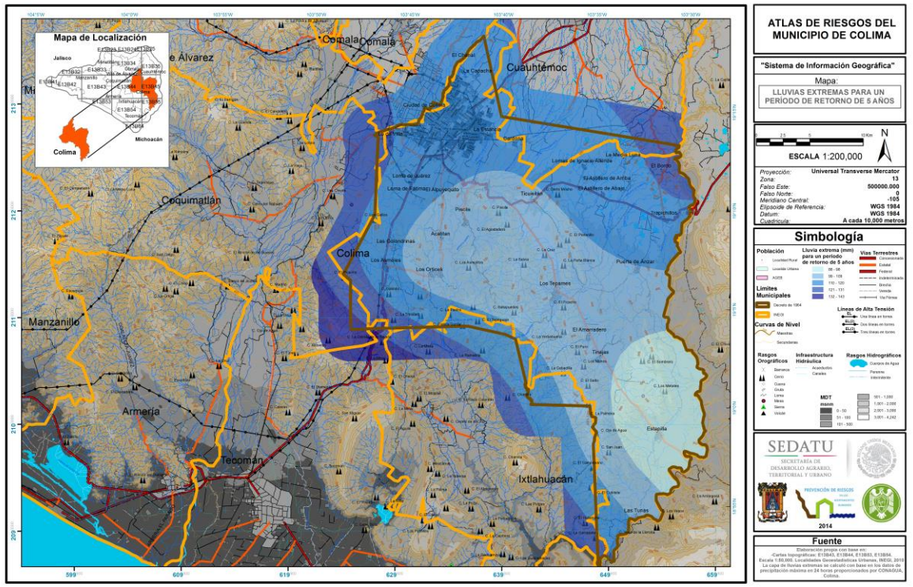


Figura 5.145.- Lluvias extremas para un período de retorno de 5 años.

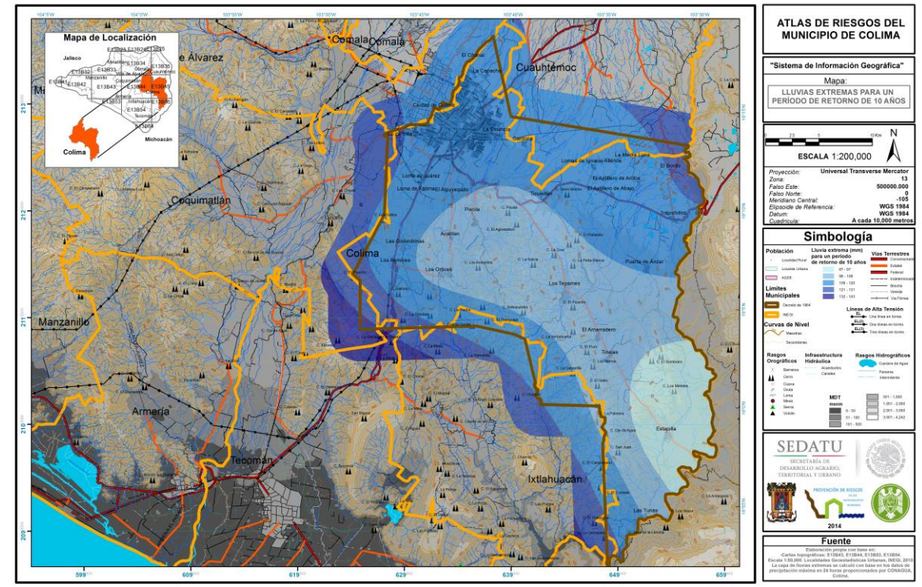


Figura 5.146.- Lluvias extremas para un período de retorno de 10 años.

Para un periodo de retorno de 25 años, la localidad de Estapilla presenta lluvias extremas de 117-138 mm en un periodo de 24 horas; en las localidades de El Bordo y Trapichillos se presentan lluvias extremas de 139-159 mm; en las localidades de Las Tunas, Puerta de Ánzar, El Astillero de Arriba, El Astillero de Abajo, Loma de Ignacio Allende, La Media Luna, El Chanal y La Capacha se presentan lluvias extremas de 160-180 mm; las localidades de Tinajas, El Amarradero, Ticuizitán, Piscila, Cardona, La Estancia y la ciudad de Colima se presentan lluvias de 181-201 mm; las localidades de Los Tepames, Las Guásimas, Los Ortices, El Alpuyequito y Acatitán presentan lluvias extremas de 202-222 mm, mientras que las localidades de Los Asmoles, Las Golondrinas, Loma de Fátima, Loma de Juárez y Lo de Villa presentan lluvias extremas de 223-243 mm para el mismo período de retorno de 25 años.

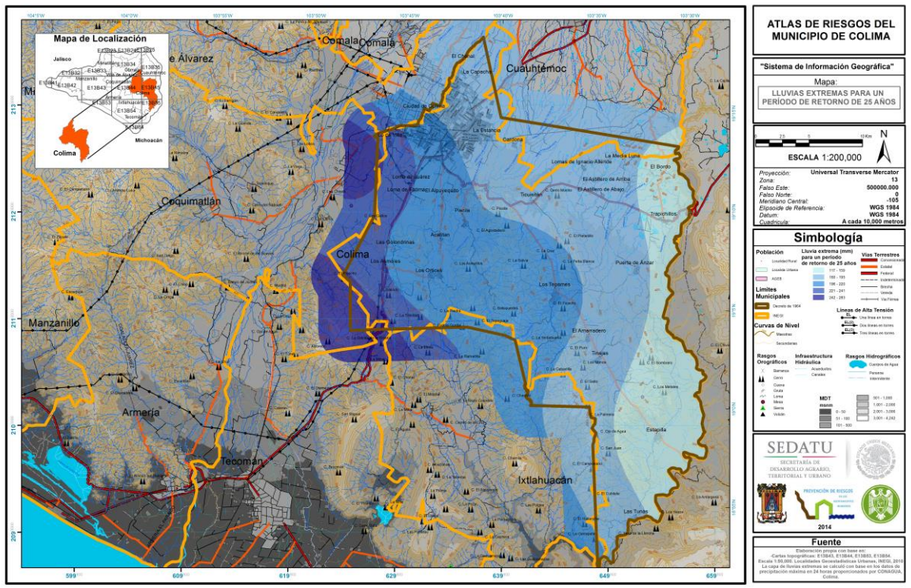


Figura 5.147.- Lluvias extremas para un período de retorno de 25 años.

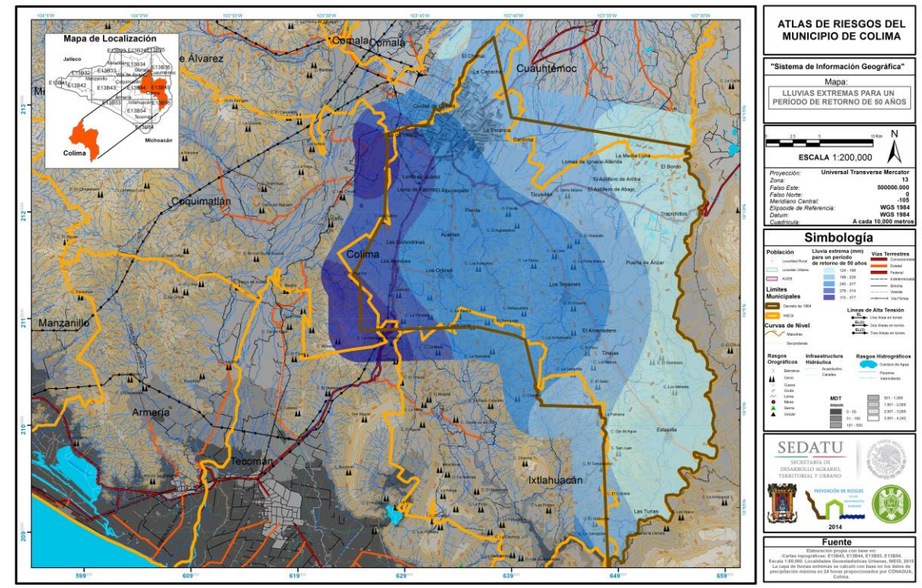


Figura 5.148.- Lluvias extremas para un período de retorno de 50 años.

Para un período de retorno de 50 años las localidades de Estapilla, Las Tunas, Puerta de Ánzar, Trapichillos, El Astillero de Arriba, El Astillero de Abajo, El Bordo, La Media Luna, Loma de Ignacio Allende, El Chanal y la Capacha, se presentan lluvias extremas de 147-215 mm en un periodo de 24 horas; las localidades de Tinajas, El Amarradero, Ticuizitán, Piscila, Cardona, La Estancia, Las Guásimas y la ciudad de Colima se presentan lluvias extremas de 216-253 mm; en las localidades de Los Tepames, Los Asmoles, Los Ortices, Acatitán, Las Golondrinas y El Alpuyequito se presentan lluvias extremas de 254-286 mm, y las localidades de Lo de Villa, Loma de Juárez y Loma de Fátima presentan lluvias extremas de 287-316 mm para el mismo período de retorno de 50 años.

5.22 INUNDACIONES PLUVIALES, FLUVIALES, COSTERAS Y LACUSTRES

5.22.1 Inundaciones

Son el efecto generado por el flujo de una corriente, cuando sobrepasa las condiciones que le son normales y alcanza niveles extraordinarios que no pueden ser controlados en los vasos naturales o artificiales que la contienen, lo cual deriva, ordinariamente, en daños que el agua desbordada ocasiona en zonas urbanas, tierras productivas y, en general en valles y sitios bajos.

Atendiendo a los lugares donde se producen, las inundaciones pueden ser: costeras, fluviales, lacustres y pluviales, según se registren en las costas marítimas, en las zonas aledañas a los márgenes de los ríos y lagos, en los terrenos de topografía plana, a causa de la lluvia excesiva y a la inexistencia o defecto del sistema de drenaje, respectivamente.

Las inundaciones han sido clasificadas por su origen en; Pluviales, son aquellas que se deben a la acumulación de la precipitación (lluvia, granizo y nieve principalmente), que se concentra en terrenos de topografía plana o en zonas urbanas con insuficiencia o carencia de drenajes; Fluviales, se originan cuando los escurrimientos superficiales son mayores a la capacidad de conducción de los cauces; y Lacustres, se originan en los lagos y lagunas por el incremento de sus niveles y son peligrosos por el riesgo que representa para los asentamientos humanos cercanos a las áreas de embalse.

5.22.2 Desbordamiento de ríos

Es el rebase del fluido en movimiento por sobre su continente, cauce o lecho. Viene como resultado de precipitaciones y en algunos casos, de la incorrecta operación de compuertas, el desborde de ríos da como resultado invariable, en mayor o menor intensidad, inundaciones, por lo que para atender este tipo de fenómenos habrán de aplicarse las acciones de coordinación que para estos se establecen.

5.22.2.1 Causas

Generalmente las inundaciones son consecuencia directa de los fenómenos hidrometeorológicos al combinarse los mecanismos productores de la precipitación; en ocasiones las inundaciones son inducidas con fines técnicos y de beneficio económico-social; como ejemplo podemos señalar las inundaciones inducidas en área no productivas para evitar o disminuir los daños en centros de alto desarrollo urbano, industrial o agropecuario.

Podemos citar como causas generadoras de inundaciones, las lluvias intensas, los ciclones tropicales, las trombas o tornados, granizo, nieve o presas.

5.22.2.2 Tipos de daños causados por inundaciones

Por la forma en que inciden en los sistemas afectables, se clasifican en directos, cuando causan un menoscabo físico de las propiedades y de la producción, las actividades y bienes que en mayor medida pueden ser afectados por este tipo de daños son la agricultura, la ganadería, la silvicultura, la industria, el comercio, las obras públicas y las construcciones; indirectos, son las pérdidas económicas de los productos y servicios de una región derivadas de la irrupción temporal de las actividades agropecuarias, forestales, industriales y de comercio, así como el gasto que se destina a ayudar a los damnificados; e intangibles, en este reglón se cuadra a los damnificados, heridos y las pérdidas de vidas humanas.

5.22.3 Antecedentes históricos

El jueves 30 de agosto de 2001, se suscitó una fuerte tromba que duró cerca de hora y media, iniciada en la parte norte de la ciudad, a la altura de la localidad de Joyitas, municipio de Villa de Álvarez, la cual, provocó el desbordamiento del arroyo Pereyra y del río Colima, dejando como saldo cuatro personas muertas, alrededor de 8 vehículos atrapados, así como cuantiosos daños materiales e inundaciones; parcialmente en el cine Jorge Sthal (aproximadamente 40 personas rescatadas) y la totalidad de la clínica del IMSS (cerca de un metro subió el agua) por lo que fueron evacuados todos los enfermos quienes serían trasladados a diferentes nosocomios, en la ciudad de Colima.

Se cayó el puente que comunica a Chiapa y Ocotillo, sobre el río Colima, razón por la cual, se suspendió el tráfico en el tercer anillo periférico en previsión de que se cayeran los puentes.

La capital del estado fue la zona más afectada por el desbordamiento del río Colima. Se albergaron 92 personas entre niños y adultos.

En la ciudad de Colima fueron 30 viviendas las dañadas totalmente y 139 casas pérdidas parciales y localizadas en un 80 por ciento en la zona centro de la ciudad. Se registraron 82 familias que perdieron totalmente sus pertenencias y viviendas, 37 familias fueron afectadas con invasión de grandes cantidades de lodo en el interior de sus casas habitación y el resto sólo tuvieron invasión de lodo con inundación, cabe señalar, que en su mayoría estas casas estaban asentadas en la margen del arroyo.[189]

[189] Información extraída de la hemeroteca del Diario de Colima. www.diariodecolima.com

El huracán “Jova” azotó la costa de Colima en las primeras horas del día 12 de octubre de 2011, como huracán de categoría 2, con vientos máximos sostenidos de 160 km/h y rachas de 195 km/h. Se reportaron lluvias máximas puntuales en 24 horas de 374.4 mm en Coquimatlán, Colima (siendo la mayor cantidad de lluvia a nivel nacional durante el año 2011). La ciudad de Colima resultó severamente afectada por las lluvias ocasionadas al desbordarse los ríos que cruzan la ciudad, colapsando cinco puentes urbanos, provocando la inundación de varias colonias, y sufriendo la caída de árboles.

El 15 de septiembre de 2013 a las 4 de la tarde, la tormenta tropical Manuel golpeó al estado de Colima y provocó severas tormentas en el municipio de Colima. Debido a la gran afectación ocasionada en todo el estado, la Secretaría de Gobernación emitió dos declaratorias de emergencia para la entidad, la primera de ellas para diez municipios, y la segunda, a modo emergente para siete de ellos.

5.22.4 Peligro

El estudio de los flujos de agua en los cauces de los ríos implica la delimitación de las fronteras físico-ambientales para el establecimiento de una zona de estudio, en donde interactúen las variables del ciclo del agua en la atmósfera y tierra para llevar a cabo el análisis hidrológico. En éste último se basa la relación entre la lluvia y los escurrimientos. La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) define como "Cauce de una corriente" al canal natural o artificial que tiene la capacidad necesaria para que las aguas de la creciente máxima ordinaria escurran sin derramarse. Para fines de aplicación de dicha Ley, la magnitud de un cauce incipiente deberá ser de cuando menos 2.0 m de ancho por 0.75 m de profundidad. Utilizando como base las definiciones anteriores, en este trabajo se ha propuesto definir a los cauces urbanos como aquellas corrientes naturales, ríos o arroyos, que conduzcan crecientes de agua de lluvia ubicadas en las localidades del municipio de Colima.

Para hacer un análisis hidrológico el primer paso es la delimitación hidrológica de la zona de estudio se basa en el trazo de las cuencas que generan escurrimiento hacia las localidades.

5.22.5 Metodología

5.22.5.1 Determinación de las características fisiográficas de las cuencas involucradas

En la mayor parte de los estudios hidrológicos se trata de comprender la relación impulso-respuesta en una cuenca; es decir, la cuenca recibe la precipitación (impulso) y la transforma en escurrimiento (respuesta); entendiéndose como cuenca a una zona de la superficie terrestre que abarca el área drenada superficialmente por una red de drenaje, tal que, todo el escurrimiento originado sobre dicha zona es descargado a través de una única salida de la misma. Entre el impulso y la respuesta ocurren diversos procesos hidrológicos que son función de varios factores dentro de los que se encuentra la configuración topográfica y geológica del terreno. La geomorfología permite estudiar y cuantifica determinados rasgos de la superficie del suelo.

Área de la cuenca. Se define como la superficie, en proyección horizontal, delimitada por su parteaguas. El parteaguas es la línea imaginaria del perímetro de una cuenca, formada por los puntos de mayor elevación topográfica.

Corriente principal. Denominamos así a la corriente que pasa por su salida y para determinarla se parte del punto de salida de la cuenca hacia aguas arriba, siguiendo a la corriente de más alto orden, hasta alcanzar una bifurcación de dos corrientes de igual orden y se continúa por el cauce que tenga una mayor área de aportación; a partir de tal punto el proceso se repite hasta terminar en un tributario de orden uno.

Longitud del cauce principal. Es la distancia horizontal que recorre la corriente principal.

Pendiente del cauce principal. Desnivel que existe entre los puntos inicial y final del mismo, divido por su longitud horizontal. Dado que la pendiente varía a lo largo del cauce es necesario definir una pendiente media y para ello se utiliza el criterio de Taylor y Schwarz definido por la ecuación siguiente.[190]

[190] IPCo. Plan de Manejo Integral de los cauces urbanos de la Zona Metropolitana Colima-Villa de Álvarez.

$$S_m = \left[\frac{L}{\frac{l_1}{\sqrt{S_1}} + \frac{l_2}{\sqrt{S_2}} + \ldots + \frac{l_i}{\sqrt{S_i}}} \right]^2$$

Donde:

S_m, pendiente media del cauce principal.
L, longitud total del cauce, en m.
$S_i = \frac{h_i}{l_i}$, pendiente del tramo i
h_i, diferencia de elevaciones del tramo i, en m.
l_i, longitud del tramo i, en m.
i, número de tramos que hay en la longitud L.

Tiempo de concentración. Existen una gran cantidad de fórmulas para estimarlo en función de la longitud y la pendiente del cauce principal, como la de Kirpich, que se expresa de la forma siguiente:

$$t_c = 0.000325 \left[\frac{L}{\sqrt{S}} \right]^{0.77}$$

Donde:

t_c, tiempo de concentración, en h
L, longitud del cauce principal, en m
S, pendiente del cauce principal, adimensional

Orden de la red de drenaje. Está integrada por una corriente principal y una serie de tributarios cuyas ramificaciones se extienden hacia las partes más altas de la cuenca. Las corrientes tributarias son las corrientes secundarias que llegan a la corriente principal.

La clasificación más utilizada actualmente es la de Horton-Strahler (Figura 5.149), la cual clasifica a las corrientes según el procedimiento siguiente:

- Los cauces de primer orden son los que no tienen tributarios.
- Cuando las corrientes de orden n se unen, se crea una corriente de orden $n+1$.
- Cuando dos corrientes de diferente orden convergen, el segmento de corriente inmediatamente aguas abajo se toma como la continuación de la corriente de mayor orden.
- El orden de la cuenca es el mismo que el de su cauce principal a la salida.

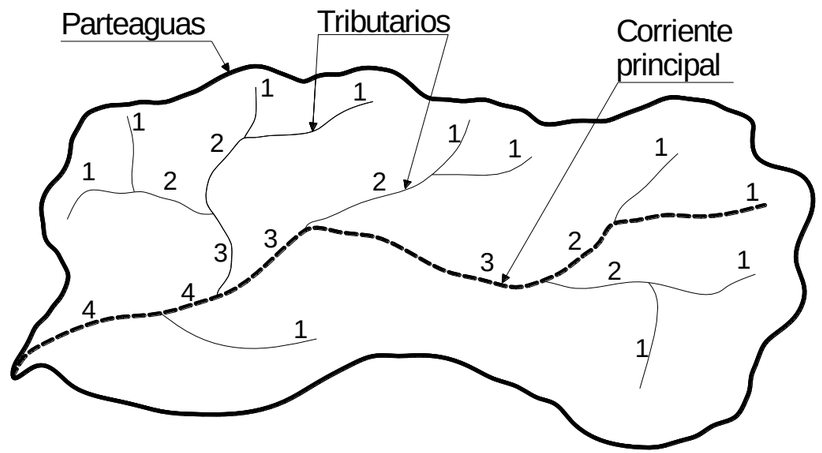


Figura 5.149.- Sistema de ordenación de corrientes de Horton-Strahler.

Horton (1945) fue el primero en sugerir algunas leyes empíricas que se consideran constantes de un orden a otro, para que posteriormente fueran confirmadas usando el sistema de ordenación de Strahler.

Ley del número de corrientes $$R_B = \frac{N_i}{N_{i+1}}$$

Ley de las longitudes de las corrientes $$R_L = \frac{\overline{L}_{i+1}}{\overline{L}_i}$$

Ley de áreas de las corrientes $$R_A = \frac{\overline{A}_{i+1}}{\overline{A}_i}$$

Donde:

$\overline{L}_i = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} L_i$, longitud promedio de una corriente de orden i, en km.

$\overline{A}_i = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} A_i$, área promedio que contribuye al escurrimiento de una corriente de orden i, en km².

L_i, longitud de una corriente de orden i, en km.

A_i, área que contribuye al escurrimiento de una corriente de orden i, en km².

N_i, número de corrientes de orden i.

Las leyes de Horton indican una progresión geométrica de número, longitud y área de las corrientes de una cuenca y por lo tanto, gráficamente corresponden a las relaciones lineales entre el número de orden y los logaritmos del número, longitud y área de corrientes; de donde las relaciones R_B, R_L y R_A se obtienen como el antilogaritmo de la pendiente de dichas rectas. A través de los años se ha observado que para cuencas naturales tienen cierto rango de variación, para R_B de 3 a 5, para R_L de 1.5 a 3.5, y para R_A de 3 a 6 (IPCo, 2012).

5.22.5.2 Análisis de lluvias medias y mínimas

Para el planteamiento de un balance hidrológico en la zona de estudio, se requiere analizar bases de datos de información climatológica. Encontrar las estaciones climatológicas que se encuentren alrededor de la zona de estudios y calcular los polígonos de Thiessen para encontrar el porcentaje de lluvia por estación que afecta a la zona de estudio.

Es un patrón de precipitación definido para utilizarse en el diseño de un sistema hidrológico. Se define mediante la parte de la precipitación que no infiltró en el cuenca y su hietograma (muestra la distribución temporal de la precipitación durante una tormenta). Ella se obtiene a partir información histórica de precipitaciones en la zona del sitio en estudio.

Una vez conocida la altura de precipitación de una tormenta en n intervalos sucesivos de duración Δt sobre una duración total d (igual a nΔt), el hietograma de diseño se puede integrar mediante el método del bloque alterno, que establece en cada intervalo de tiempo. Los incrementos de lámina de lluvia o bloques se ordenan en una secuencia de modo que la mayor se ubiquen el centro de la duración requerida d y que los demás bloque queden en orden descendente alternativamente hacia la derecha y hacia la izquierda del bloque central para formar el hietograma de diseño (Chow *et al*, 1994). Cuando se considera en el primer intervalo al bloque del primer Δt, en el segundo intervalo a la suma de los bloques uno y dos, en el tercer intervalo a la suma de los tres primeros bloques y así sucesivamente, se obtiene la curva masa de la precipitación de la tormenta (Figura 5.150).

Intensidad de lluvia. Se define como la altura de precipitación entre un intervalo de tiempo, se expresa puede expresar en mm/h. Cualquier tangente a la curva masa representa la intensidad de lluvia en ese instante.

$$i = \frac{\Delta h_p}{\Delta t}$$

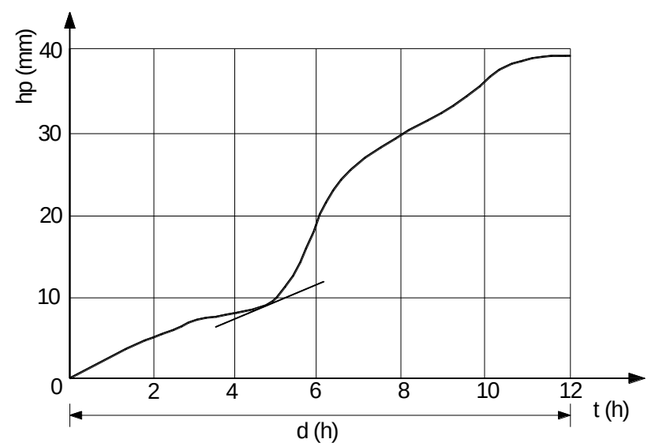


Figura 5.150.- Curva masa de una tormenta.

Se seleccionan las lluvias máximas diarias, Posteriormente, los datos se corrigen por un factor de 5.13 sugerido en la bibliografía por el intervalo de lectura (8 h a 8 h del siguiente día).

Periodo de retorno. Se define como el número promedio de años que transcurren para que un evento de cierta magnitud sea igualado o excedido por lo menos una vez (si los eventos son anuales), esto es:

$$T_r = \frac{1}{P(X > x)} = \frac{1}{[1 - P(X \leq x)]}$$

La magnitud de un evento está inversamente relacionada con su frecuencia de ocurrencia, es decir, eventos muy severos ocurren con menor frecuencia que eventos más moderados. Para relacionar la magnitud de un evento con su ocurrencia se utiliza el periodo de retorno.

Por otra parte, la probabilidad de que un evento con un periodo de retorno sea igualado o excedido en cualquier año es:

$$P = \frac{1}{T_r}$$

En un conjunto de eventos máximos anuales, el periodo de retorno que se asocia a cada uno de ellos puede ser estimado con la fórmula de Weibull.

$$T_r = \frac{n+1}{m}$$

Donde:
n, número total de datos o años de registro.
m, número de orden. El orden es el lugar asignado en una lista de valores de la muestra, ordenados de mayor a menor (IPCo, 2012).

Ajustes de funciones de probabilidad. El programa HIDROESTA ajusta distintas funciones de probabilidad a muestras de datos y calcula el error estándar de cada una de ellas respecto de la muestra.

El análisis de frecuencias permite determinar los eventos de diseño a partir una serie de datos. Con este análisis se relaciona la magnitud de los eventos extremos con su frecuencia de ocurrencia mediante el uso de distribuciones de probabilidad. Para aplicar dichos métodos las variables hidrológicas deben ser independientes y estocásticas y los parámetros de las distribuciones se deben obtener por diversos métodos, que se ajusten a la muestra de cada estación; con ello se extrapola para determinar los eventos de diseño asociados a una probabilidad de no-ocurrencia denominado comúnmente como periodo de retorno y denotado como Tr.

En la Tabla 5.89 se agrupan las distintas funciones de probabilidad con las que se pueden analizar las series de datos.

Tabla 5.89.- Funciones de distribución de probabilidad.

Nombre	Función	Nombre	Función
Normal estandarizada	$F(t) = \int_{-\infty}^{t} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt$ donde $t = \frac{x-\alpha}{\beta}$	Gamma	$F(x) = \frac{1}{\alpha\Gamma(\beta)} \times \int_{\delta}^{x} \left(\frac{x-\delta}{\alpha}\right)^{\beta-1} e^{\frac{x-\delta}{\alpha}} dx$ $\Gamma(\beta)$: Función matemática Gamma
Lognormal	$F(t) = \int_{-\infty}^{t} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt$	Gumbel mixta	$F(x) = P\left(e^{-e^{-\alpha_1(x-\beta_1)}}\right) + (1-P)\left(e^{-e^{-\alpha_2(x-\beta_2)}}\right)$

Nombre	Función	Nombre	Función
	donde $t=\frac{\ln(x-\delta)-\alpha}{\beta}$		
Gumbel	$F(x)=e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}}$		

Una vez que se ajusta la muestra de datos a las diferentes funciones de distribución de probabilidades, se selecciona aquella que presenta el menor error estándar de ajuste, el cual se define por la siguiente expresión:

$$EE=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(Xe_i-X0_i)}{N-P}}$$

Donde:

Xei es el i-ésimo dato estimado con la fórmula de Weilbull
X0i es el iésimo dato calculado con la función de distribución de probabilidades.
N es el número de datos de la muestra.
P es el número de parámetros de la función de ajuste (IPCo, 2012).

Estimación de la lluvia de una hora y periodo de retorno (Tr) de 2 años. De la extrapolación obtenida del HIDROESTA, se obtiene para un Tr de 2 años el valor de precipitación máxima. Para obtener la lluvia de una hora para Tr de 2 años, se utiliza la Figura 5.151, con el número medio de días con tormenta convectiva, y se obtiene la precipitación de una hora.

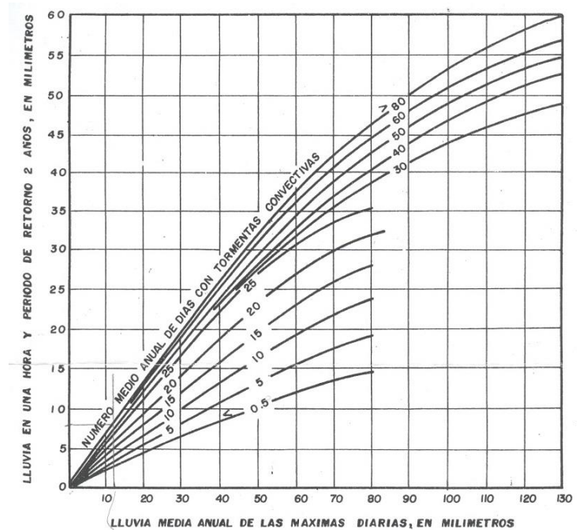


Figura 5.151.- Relación empírica para estimar la lluvia de una hora y período de retorno de 2 años.

Con la estimación de lluvia de una hora y periodo de retorno de 2 años, su respectiva relación de lluvia R, la cual se obtuvo a partir del número medio anual de días con tormentas convectivas (según el criterio del U.S. Weather Bureau), se determina el valor de altura máxima de lluvia para un Tr de 2 años, aplicando la fórmula de Bell, que es:

$$P_{Tr}^{d} = (0.35Ln(Tr) + 0.76)(0.54 * d^{0.25} - 0.50)(P_{2}^{60})$$

Donde

P_{Tr}^{d}, es el evento de lluvia en milímetros de duración d minutos y periodo de retorno Tr en años, y Ln el logaritmo natural.

Es posible construir las curvas de altura de lluvia-duración-periodo de retorno h-D-Tr, y considerando que la intensidad es igual a la lluvia entre su duración, entonces se pueden construir las curvas I-d-Tr.

Desarrollo del modelo de relación lluvia-escurrimiento.

La relación entre la lluvia y el escurrimiento se inicia desde el momento en que el agua en forma de lluvia entra en contacto con la cuenca. Parte del agua de lluvia escurre sobre la superficie terrestre, otra se infiltra, y una tercera atraviesa la superficie terrestre sin alcanzar el manto freático. Al primer fenómeno se le conoce como escurrimiento superficial, al segundo como flujo subterráneo, y al tercero escurrimiento subsuperficial.

El flujo subterráneo es lento en comparación con el escurrimiento superficial, pero en cada tormenta puede presentarse y se mantiene aún en época de sequía.

Por su parte, el flujo subsuperficial es más rápido que el subterráneo, aunque más lento que el escurrimiento superficial, y su magnitud es difícil de precisar porque, en función de la rapidez del flujo, puede formarse a partir de una o varias tormentas.

El escurrimiento superficial es más rápido que el flujo subterráneo y subsuperficial, y aparece poco después de iniciada la tormenta. En principio se trata de una lámina muy delgada que se incrementa conforme se acerca a la salida de la cuenca. Esta es la razón por la que, al inicio, el gasto que sale de la cuenca es creciente con el tiempo. Posteriormente ocurre que el volumen que ingresa a la cuenca es igual al que sale de la misma, es decir, el gasto se vuelve constante y se conoce como gasto de equilibrio. El tiempo que transcurre entre el inicio de la lluvia y el establecimiento del gasto de equilibrio se denomina tiempo de concentración. También puede entenderse como el tiempo que tarda el agua de lluvia en fluir por la superficie, desde el punto más alejado de la cuenca hasta el punto de salida de la misma. Su magnitud depende de dos factores: A) la longitud del recorrido del agua, es decir, la distancia que mide el cauce principal, y B) la velocidad promedio que alcanza el agua durante su recorrido, función de la pendiente del terreno, además de la forma y rugosidad de los cauces.

Etapas de una tormenta

El hidrograma es una gráfica que muestra la variación en el tiempo del gasto del flujo en una sección transversal del cauce. El hidrograma tiene implícitas las características fisiográficas y climáticas de una cuenca que relacionan la lluvia con el escurrimiento.

Las etapas principales de una tormenta son:

- Inicio de la tormenta. La mayor parte de la lluvia que alcanza la superficie del suelo se infiltra, por lo que el escurrimiento superficial es casi nulo.
- Durante la tormenta. Una parte del agua proveniente de la tormenta empieza a escurrir hasta llegar a la salida de la cuenca, o a su punto más bajo. El gasto medido a la salida se incrementa hasta alcanzar un valor máximo.
- Fin de la tormenta. Cuando cesa la tormenta, el gasto medido a la salida de la cuenca empieza a disminuir.
- Después de la tormenta. A la salida de la cuenca se presenta únicamente escurrimiento base.

En el hidrograma de la Figura 5.152 se aprecian las etapas de una tormenta con respecto al tiempo.

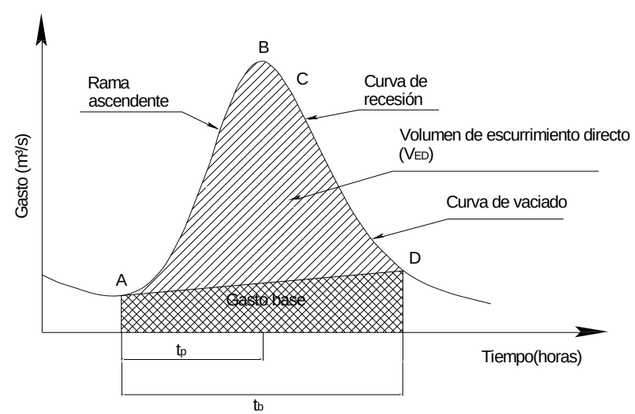


Figura 5.152.- Etapas de una tormenta.

La rama ascendente es la parte del hidrograma que se inicia desde el punto de levantamiento (A), y termina cuando ocurre el gasto de pico (B). Al término de la lluvia (entre B y C), el gasto del escurrimiento directo disminuye. La curva de recesión comienza en el pico del hidrograma (B), y termina en el punto que marca el final del escurrimiento directo (D). Cuando esta curva se considera a partir de su punto de inflexión (C), se le conoce como curva de vaciado. A partir del punto (D), el flujo en el cauce se debe al escurrimiento subterráneo que descargó en el río.

Obsérvese que el tiempo de pico (t_p) se refiere al tiempo que transcurre desde el punto de levantamiento (A), hasta el pico del hidrograma (B). Asimismo, el tiempo base es el lapso que transcurre desde el punto de levantamiento (A), hasta el final del escurrimiento directo (D) (IPCo, 2012).

Método para la transformación de lluvia a escurrimiento

Gasto de diseño. Para obtener el gasto de diseño existen varios métodos, pero dado el tamaño de cuenca con la que se trabajará (menor de 100 km^2), la literatura recomienda el uso de la fórmula racional.

La fórmula racional es una de las más antiguas y probablemente de las más utilizadas actualmente. Este método considera que el gasto máximo se alcanza cuando la precipitación se mantiene con una intensidad constante durante un tiempo igual al tiempo de concentración. La fórmula racional es:

$$Q_p = 0.278\ CiA$$

Donde:

C coeficiente de escurrimiento. Representa la fracción de la lluvia que escurre en forma directa. Varía entre 0 y 1 (Tabla 5.90).
i intensidad media de lluvia para una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca, mm/h.
A área de la cuenca (IPCo, 2012).

Tabla 5.90.- Valores para el coeficiente de escurrimiento (Aparicio, 1987).

Tipo de área drenada	Coeficiente de escurrimiento	
	Mínimo	Máximo
Zonas comerciales	0.75	0.95
Zona comercial	0.7	0.9
Zona mercantil	0.5	0.7
vecindario		
Zonas residenciales		
Unifamiliares	0.3	0.5
Multifamiliares espaciados	0.4	0.6
Multifamiliares compactos	0.6	0.75
Semiurbanas	0.25	0.4
Casas habitación	0.5	0.7
Zonas industriales		

Tipo de área drenada	Coeficiente de escurrimiento	
	Mínimo	Máximo
Espaciado	0.5	0.8
Compacto	0.6	0.9
Cementerios y parques	0.1	0.25
Campos de juego	0.2	0.35
Patios de ferrocarril y terrenos sin construir	0.2	0.4
Zonas suburbanas	0.1	0.3
Calles:		
Asfaltadas	0.7	0.95
De concreto hidráulico	0.8	0.95
Adoquinadas o empedradas	0.7	0.85
Terracerías	0.25	0.6
Estacionamientos	0.75	0.85
Techados	0.75	0.95
Praderas:		
Suelos arenosos planos (pendientes 0.02 o menos)	0.05	0.1
Suelos arenosos con pendientes medias (0.02-0.07)	0.1	0.15
Suelos arenosos escarpados (0.07 o más)	0.15	0.2
Suelos arcillosos planos (0.02 o menos)	0.13	0.17
Suelos arcillosos con pendientes medias (0.02-0.07)	0.18	0.2
Suelos arcillosos escarpados (0.07 o más)	0.25	0.35

Se pueden obtener varios coeficientes de escurrimiento para una cuenca, dependiendo si tiene áreas de montañas o valles, lo que produce un coeficiente de escurrimiento mínimo (valle) y uno máximo (sierra). Para ello aplica la fórmula:

$$C = \frac{(A_s C_s) + (A_v C_v)}{A_c}$$

Donde:

C, coeficiente de escurrimiento promedio del área analizada (%)
A_s, área de sierras (km^2)
C_s, coeficiente de escurrimiento de sierras (%)
A_v, área de valles (km^2)
C_v, coeficiente de escurrimiento de valles (%)

Cálculo de avenidas de diseño para periodos de retorno de 2, 5, 20, 50 y 100 años

Después de estimar el gasto máximo para diferentes periodos de retorno, es necesario definir la forma del hidrograma de escurrimiento directo, para ello existen diferentes modelos que pueden ser usados:

- Hidrograma unitario adimensional
- Hidrograma unitario geomorfológico
- Hidrograma unitario triangular
- Método de Chow

La opción propuesta en esta metodología es usar el Hidrograma Unitario Adimensional (HUA,Tabla 5.91), sin embargo, puede ser cualquier otra.

Tabla 5.91.- Coordenadas del HUA.

t/tp	q/qp
0	0
0.1	0.01
0.2	0.075
0.3	0.16
0.4	0.28
0.5	0.43
0.6	0.6
0.7	0.77
0.75	0.83
0.8	0.89
0.9	0.97
1	1
1.1	0.98
1.2	0.92
1.25	0.88
1.3	0.84
1.4	0.75
1.5	0.66
1.6	0.56

t/tp	q/qp
1.75	0.45
1.8	0.42
2	0.32
2.2	0.24
2.25	0.22
2.4	0.18
2.5	0.15
2.6	0.13
2.75	0.105
2.8	0.098
3	0.075
3.25	0.053
3.5	0.036
3.75	0.026
4	0.018
4.25	0.012
4.5	0.006
5	0.004

Las características del HUA se obtienen a partir de las siguientes expresiones (Aparicio, 1987):

Tiempo de retraso:

$$t_r = 0.6t_c$$

Tiempo de pico:

Tiempo base:

$$t_p = \frac{d_e}{2} + t_r$$

Gasto pico:

$$t_b = 2.67 t_p$$

$$q_p = \frac{0.208 A_c}{t_p}$$

El hidrograma que debe transitarse a través del río se define multiplicando los valores obtenidos con las ecuaciones de t_p y q_p por cada una de las coordenadas[191].

Estudio Hidráulico

La solución de problemas con información y datos recolectados de fenómenos físicos adquiere día a día mayor auge como una herramienta fundamental. En la modelación matemática de ríos y llanuras de inundación sirve para calibrar los resultados de la modelación y, mostrar los resultados de varios escenarios asociados a diferentes periodos de retorno. A partir de estos últimos, se proponen acciones estructurales y estrategias para disminuir los efectos negativos que ocasionan las crecientes y desbordamientos en poblaciones e infraestructura.

Asimismo, los resultados numéricos de los modelos hidráulicos pueden interpretarse de manera gráfica, sobre la cartografía básica de la planeación, para facilitar la toma de decisiones en ordenamiento territorial y planes de protección civil.

Revisión y adecuación de información topográfica para la aplicación de modelos matemáticos. La información topográfica que se tiene se presenta con detalle los tramos con levantamientos topográficos. Por otro lado, se han generado a partir del Modelo Digital de Elevación (MDE) de INEGI y detallado a partir del software ArcGis, para contar con la topografía para el análisis hidráulico.

Recorridos de campo para conocer las características de los cauces. Durante los recorridos se identificaron características hidráulicas como la rugosidad y la presencia de colectores, otras variables de tipo ambiental como la vegetación y otras de carácter urbano como la presencia de elementos de vinculación con la ciudad y con las construcciones de los lotes vecinos a los cauces.

Determinación de la capacidad hidráulica de los cauces, velocidades de flujo y volúmenes desbordados. El método para el cálculo del flujo permanente en cauces naturales es usando el programa HEC-RAS.

5.22.6 Resultados del Análisis

5.22.6.1 Análisis Hidrológico

En el 2011 la SEDUR y el IPCo realizaron el Plan de Manejo Integral de los Cauces Urbanos, en el cual se estudiaron seis cauces del municipio de Colima en los que se incluyen el río Colima y arroyo Santa Gertrudis. En la Figura 5.154 se presenta el cauce del arroyo Santa Gertrudis.

En la Figura 5.153 se muestran los sitios detectados por la Unidad de Protección Civil Colima y el IPCo que históricamente presentan puntos de inundación en la zona urbana del municipio de Colima.

[191] Metodología para la elaboración de mapas de riesgo por inundaciones en zonas urbanas.

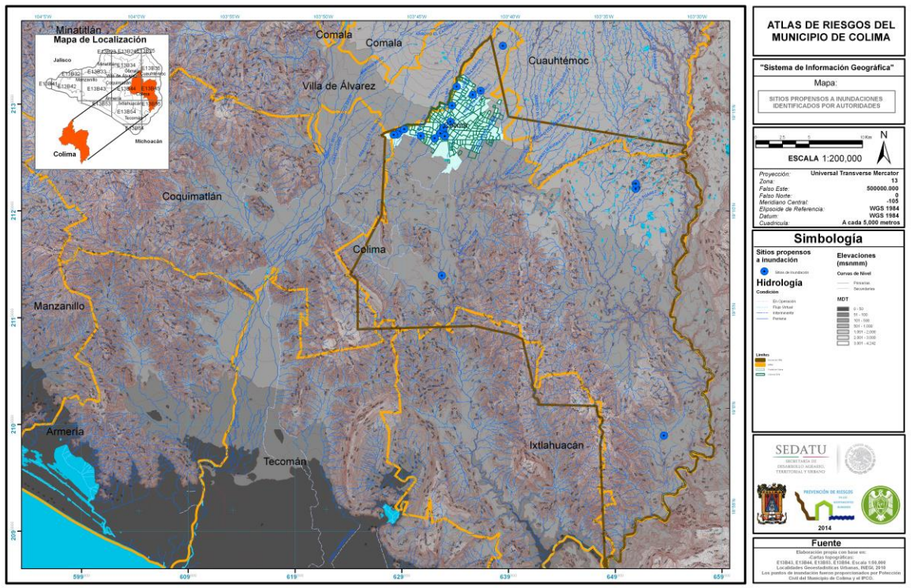


Figura 5.153.- Sitios históricos con presencia de inundaciones.

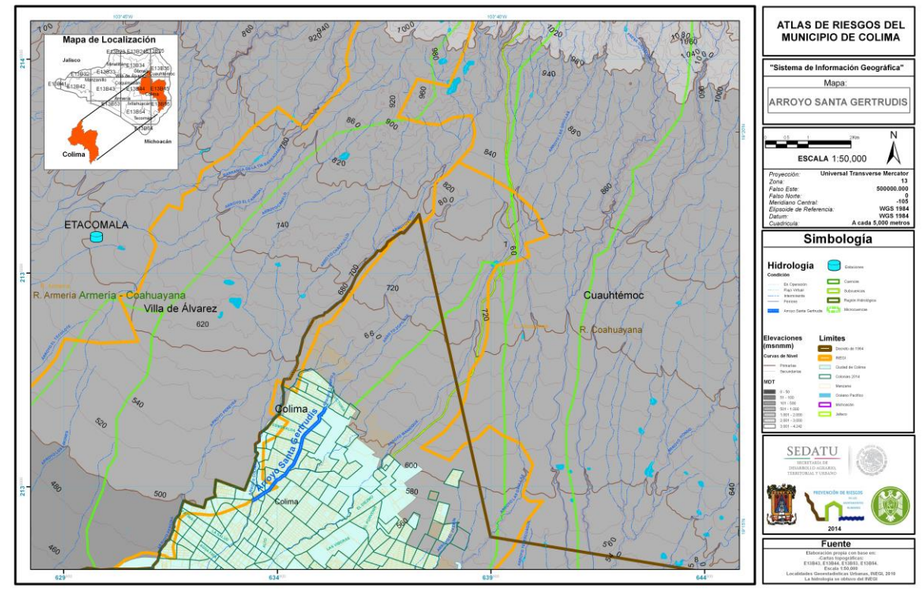


Figura 5.154.- Cauce arroyo Santa Gertrudis.

La delimitación hidrológica de la zona de estudio se basa en el trazo de las cuencas que generan escurrimiento hacia las localidades. En la Figura 5.155 (cuencas del arroyo Santa Gertrudis) se presentan los trazos de las cuencas con las que se delimita la zona del arroyo Santa Gertrudis. En ella se puede observar que existen definidas 5 cuencas naturales. Para ello se utilizó como fuente a las cartas topográficas vectoriales de INEGI 1:50000, el Modelo Digital de Terreno (MDT) del INEGI.

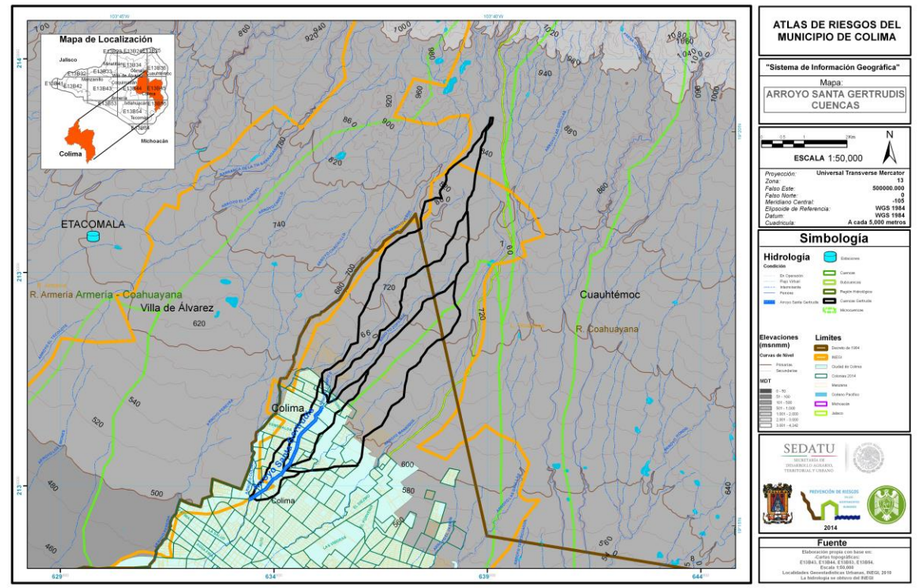


Figura 5.155.- Delimitación de las cuencas del arroyo Santa Gertrudis.

En la siguiente Tabla 5.92, se indican las características fisiográficas de las cuencas del arroyo Santa Gertrudis, área de la cuenca, longitud del cauce, pendiente, y el tiempo de concentración por microcuenca.

Tabla 5.92.- Características fisiográficas de las cuencas del arroyo Santa Gertrudis.

Cuenca	Nombre	Área (km^2)	Longitud (km)	Pendiente (adimensional)	Tiempo de Concentración (h)
1	Microcuenca 1	4.31	6.802	0.033	1.08
2	Microcuenca 2	2.22	4.97	0.035	0.83
3	Microcuenca 3	1.24	2.14	0.026	0.58
4	Microcuenca 4	4.45	4.653	0.027	0.87
5	Microcuenca 5	0.58	7.68	0.025	0.23

Análisis de lluvias medias y mínimas

Para el planteamiento de un balance hidrológico en la zona de estudio, se analizaron las bases de datos de información climatológica proporcionados por la Gerencia Estatal de Colima de la Comisión Nacional del Agua. En la Figura 5.156 se presenta la ubicación de las cuatro estaciones climatológicas que influyen en la zona de estudio: Cuauhtémoc, ETA-Comala, Buenavista, La Posta-Costeño, así como su área de influencia a partir del trazo de los polígonos de Thiessen.

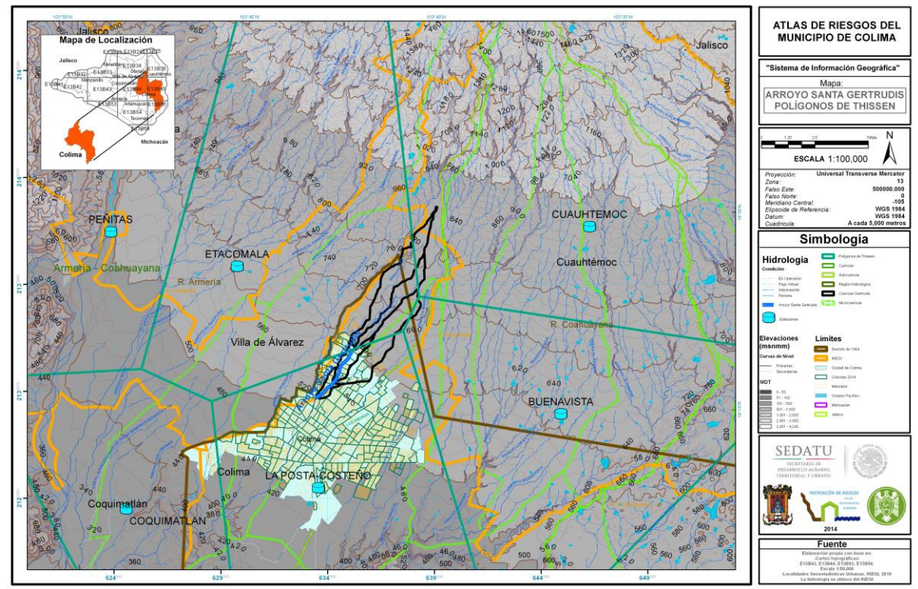


Figura 5.156.- Estaciones climatológicas que influyen en la zona de estudio y área de influencia a partir de los polígonos de Thiessen.

A continuación se presentan gráficamente las lluvias medias mensuales de la precipitación del año más seco, de la condición promedio y del año más húmedo para cada una de las estaciones. En la Figura 5.157 se observa que en la estación Colima la lluvia media anual es de 884.9 mm, en donde en el año más seco se tuvo una lluvia anual acumulada de 498.5 mm y en el año más lluvioso, la precipitación sumó 1,268.8 mm.

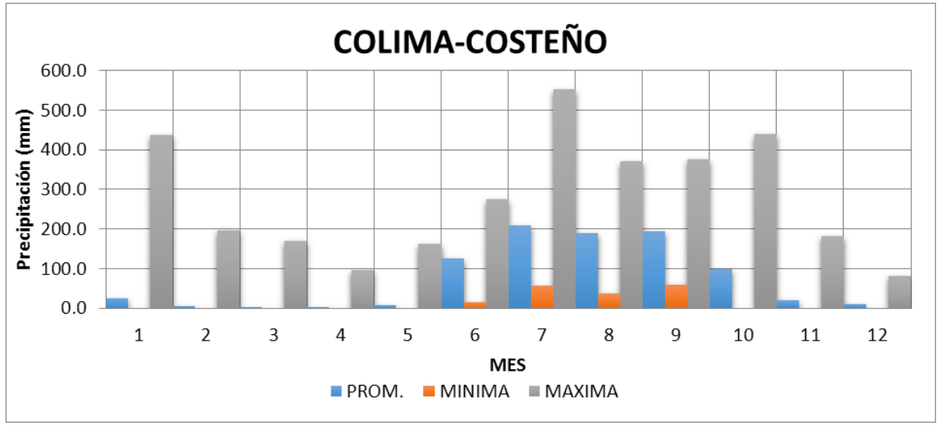


Figura 5.157.- Precipitación media, mínima y máxima (mm) en la estación Colima-Costeño.

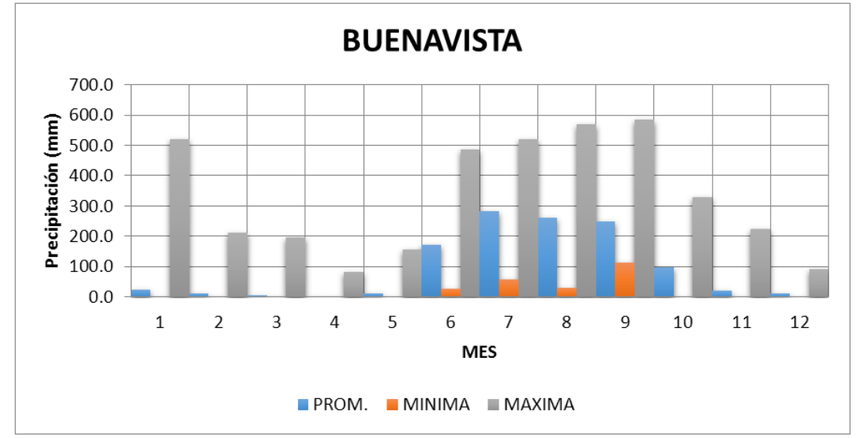


Figura 5.158.- Precipitación media, mínima y máxima (mm) e la estación Buenavista.

En la Figura 5.158, correspondiente a la estación Buenavista, la lluvia media anual es de 1,067.6 mm; el año más seco es de 612.5 mm y el más húmedo es de 1,702.2 mm. En la Figura 5.159 correspondiente a la estación Cuauhtémoc, la lluvia media anual es de 1,209.8 mm; el año más seco es de 703.2 mm y el más húmedo es de 1,726.4 mm.

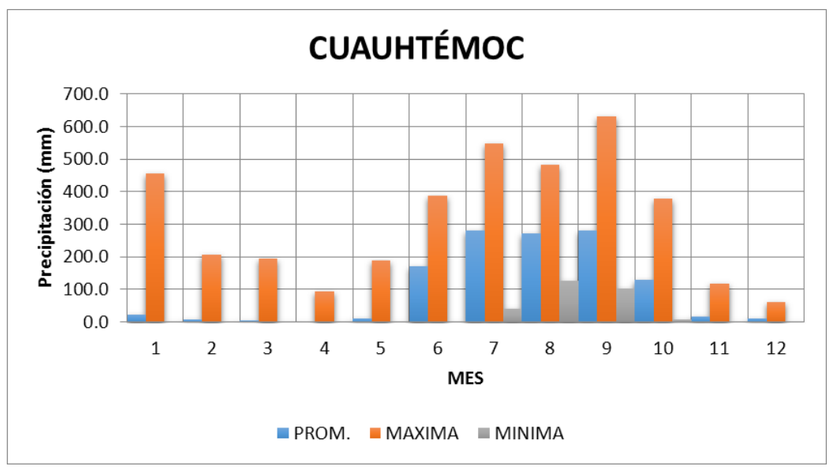


Figura 5.159.- Comportamiento de la precipitación en la estación Cuauhtémoc.

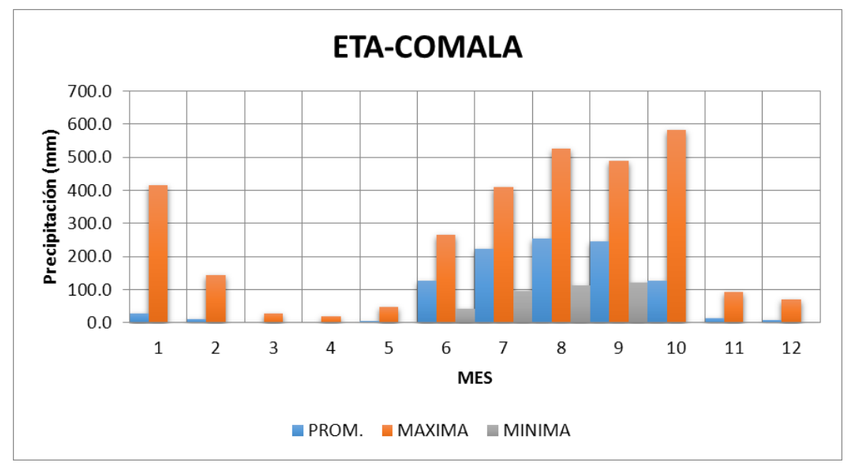


Figura 5.160.- Comportamiento de la precipitación en la estación ETA-Comala.

En la Figura 5.160 correspondiente a la estación ETA-Comala, la lluvia media anual es de 1,044.22 mm; el año más seco es de 635 mm y el más húmedo es de 1,687 mm.

A partir de la información anterior, en la tabla siguiente se puede observar en forma resumida, que en la zona de estudio, la lluvia media es del orden de 1,012.83 mm, y que la lluvia mínima anual es de 599.35 mm, que corresponde aproximadamente a un 59% de la media anual; mientras que el valor de lluvia de los años más húmedos es del orden de 1,564.25 mm, que representa el 154% de la lluvia media anual.

Tabla 5.93.- Precipitación (mm) promedio, mínima y máxima para las estaciones Colima, Buenavista, Cuauhtémoc y ETA-Comala.

ESTACIÓN	PROMEDIO (mm)	MÍNIMA (mm)	MÁXIMA (mm)
Colima	884.9	498.5	1,268.8
Buenavista	1,067.6	612.5	1,702.2
Cuauhtémoc	1,209.8	703.2	1,762.4
ETA-Comala	1,044.22	635	1,687
Cuenca-Santa Gertrudis	1,012.83	599.35	1,564.25

También se observa que para la condición de precipitación promedio, el valor mínimo se ubica Buenavista; las condiciones medias se ubican en, Cuauhtémoc y el valor máximo se ubica entre Colima y ETA-Comala.

En la Figura 5.161 puede observarse la distribución espacial de las lluvias medias.

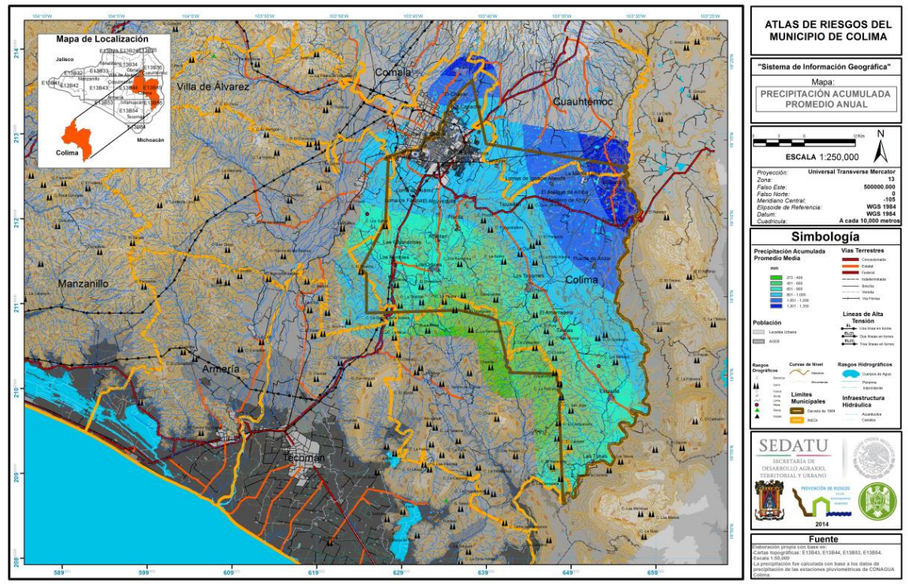


Figura 5.161.- Distribución espacial de la lluvia media (mm) anual en el municipio de Colima.

Ajustes de funciones de probabilidad.

Con el programa HIDROESTA se pueden ajustar distintas funciones de probabilidad a muestras de datos y calcula el error estándar de cada una de ellas respecto de la muestra. En el arroyo Santa Gertrudis se puede calcular una distribución de lluvia para cada microcuenca que lo compone, usando las estaciones que se encuentran alrededor como son Buenavista con datos de precipitación (mm) de 1948 a 2013, Cuauhtémoc con datos desde 194 7 a 2013, la estación ETA-Comala con datos desde 1987 a 2013 y los datos de la estación Colima-Costeño con datos desde 1949 a 2013. Se crea una base de datos de precipitaciones máximas en 24 horas para cada estación.

Tabla 5.94.- Precipitaciones máximas (mm) en 24 horas, promedio anual para un periodo de 1947 a 2013.

AÑO	BUENAVISTA (mm)	CUAUHTÉMOC (mm)	ETA-COMALA (mm)	COLIMA-COSTEÑO (mm)
1947		75.2		
1948	28.8	232.5		
1949	122.0	96.6		67.6
1950	53.4	113.0		43.7
1951	114.0	125.0		75.8
1952	53.5	83.0		61.5
1953	68.6	105.2		67.2
1954	112.8	62.5		76.9
1955	90.1	117.0		155.5
1956	57.1	61.0		52
1957	86.3	73.0		59.6
1958	63.2	63.0		66
1959	24.5	165.0		144.3
1960	110.0	81.0		57.2
1961	38.0	141.0		49.8
1962	75.3	82.0		71.5
1963	89.4	108.0		70.8
1964	88.2	94.0		60.4
1965	79.1	106.0		65.2
1966	72.1	110.0		60.3
1967	89.0	116.0		136.4
1968	127.0	118.0		110.4
1969	248.0	186.0		255
1970	80.4	100.0		79
1971	56.2	140.0		92
1972	83.7	82.0		93.7
1973	46.3	170.0		50
1974	69.9	89.0		80
1975	55.0	109.5		55.7
1976	138.0	211.0		139
1977	90.4	77.3		86.5
1978	78.1	49.4		95.5

AÑO	BUENAVISTA (mm)	CUAUHTÉMOC (mm)	ETA-COMALA (mm)	COLIMA-COSTEÑO (mm)
1979	78.1	74.0		54.2
1980	81.2	65.0		80.2
1981	63.1	58.0		82.5
1982	121.2	94.0		143.8
1983	97.7	79.0		87.5
1984	90.4	101.7		79.5
1985	57.3	101.8		40
1986	64.3	140.5		78
1987	92.2	89.0	31.0	81.2
1988	80.6	80.5	82.0	77.5
1989	55.5	77.5	82.0	56.9
1990	90.0	54.0	48.0	107.2
1991	68.0	0.0	63.5	80
1992	136.0	0.0	96.4	105.3
1993	26.5	0.0	118.0	72.4
1994	20.4	59.9	82.2	71.2
1995	81.0	98.0	81.3	115
1996	120.0	112.5	63.2	80.1
1997	55.0	60.5	87.7	45.3
1998	120.3	220.0	104.0	81.3
1999	200.5	180.6	268.6	390
2000	78.0	68.4	57.2	103.7
2001	63.0	80.1	112.4	54.8
2002	76.0	81.0	144.6	134.6
2003	103.0	114.0	69.4	128.5
2004	61.5	93.5	81.5	69
2005	56.0	65.0	72.3	71.5
2006	97.5	92.0	146.8	85.6
2007	65.0	84.0	89.5	123.3
2008	69.0	116.0	48.2	95.6
2009	60.0	67.0	52.3	68.5
2010	94.0	80.0	72.5	84.8
2011	164.0	208.0	225.9	313.6
2012	106.0	110.0	75.0	44.6

Los datos se corrigen como marca la metodología y se multiplican por un factor de 1.14, el resultado se muestra en la Tabla 5.95.

Tabla 5.95.- Corrección de precipitaciones máximas (mm) en 24 horas, promedio anual para un periodo de 1947 a 2013.

AÑO	BUENAVISTA (mm)	CUAUHTÉMOC (mm)	ETA-COMALA (mm)	COLIMA-COSTEÑO (mm)
1947	0	84.976		0
1948	32.544	262.725		0
1949	137.86	109.158		76.388
1950	60.342	127.69		49.381
1951	128.82	141.25		85.654
1952	60.455	93.79		69.495
1953	77.518	118.876		75.936
1954	127.464	70.625		86.897
1955	101.813	132.21		175.715
1956	64.523	68.93		58.76
1957	97.519	82.49		67.348
1958	71.416	71.19		74.58
1959	27.685	186.45		163.059
1960	124.3	91.53		64.636
1961	42.94	159.33		56.274
1962	85.089	92.66		80.795
1963	101.022	122.04		80.004
1964	99.666	106.22		68.252
1965	89.383	119.78		73.676
1966	81.473	124.3		68.139
1967	100.57	131.08		154.132
1968	143.51	133.34		124.752
1969	280.24	210.18		288.15
1970	90.852	113		89.27
1971	63.506	158.2		103.96
1972	94.581	92.66		105.881
1973	52.319	192.1		56.5
1974	78.987	100.57		90.4
1975	62.15	123.735		62.941
1976	155.94	238.43		157.07
1977	102.152	87.349		97.745
1978	88.253	55.822		107.915

AÑO	BUENAVISTA (mm)	CUAUHTÉMOC (mm)	ETA-COMALA (mm)	COLIMA-COSTEÑO (mm)
1979	88.253	83.62		61.246
1980	91.756	73.45		90.626
1981	71.303	65.54		93.225
1982	136.956	106.22		162.494
1983	110.401	89.27		98.875
1984	102.152	114.921		89.835
1985	64.749	115.034		45.2
1986	72.659	158.765		88.14
1987	104.186	100.57	35.03	91.756
1988	91.078	90.965	92.66	87.575
1989	62.715	87.575	92.66	64.297
1990	101.7	61.02	54.24	121.136
1991	76.84	0	71.755	90.4
1992	153.68	0	108.932	118.989
1993	29.945	0	133.34	81.812
1994	23.052	67.687	92.886	80.456
1995	91.53	110.74	91.869	129.95
1996	135.6	127.125	71.416	90.513
1997	62.15	68.365	99.101	51.189
1998	135.939	248.6	117.52	91.869
1999	226.565	204.078	303.518	440.7
2000	88.14	77.292	64.636	117.181
2001	71.19	90.513	127.012	61.924
2002	85.88	91.53	163.398	152.098
2003	116.39	128.82	78.422	145.205
2004	69.495	105.655	92.095	77.97
2005	63.28	73.45	81.699	80.795
2006	110.175	103.96	165.884	96.728
2007	73.45	94.92	101.135	139.329
2008	77.97	131.08	54.466	108.028
2009	67.8	75.71	59.099	77.405
2010	106.22	90.4	81.925	95.824
2011	185.32	235.04	255.267	354.368
2012	119.78	124.3	84.75	50.398

Se realizaron ajustes a varias distribuciones de probabilidad con la información de intensidades máximas anuales para diferentes funciones en el programa HIDROESTA. Las funciones de probabilidad que contempla el programa son las siguientes: Normal, Log-normal, Gumbel, Gamma y doble Gumbel. La función de probabilidad se determinó utilizando el programa HIDROESTA, en él se introducen los valores máximos anuales y se obtiene la función con mejor ajuste a la serie de datos. El objetivo de determinar el mejor ajuste, es extrapolar, a partir de la serie de datos, los valores de altura de lluvia máxima diaria y asociarlos con su respectivo periodo de retorno (Tr). El análisis de frecuencias de las láminas de lluvia máxima en 24 h se emplea para proveer la magnitud de un evento de diseño de cierto período de retorno Tr.

Tabla 5.96.- Resumen de precipitaciones máximas (mm) extrapoladas para diferentes periodos de retorno para 4 estaciones climatológicas.

	Precipitaciones máximas (mm) por estación			
Periodo de Retorno (años)	COLIMA COSTEÑO (mm)	ETA COMALA (mm)	CUAUHTÉMOC (mm)	BUENAVISTA (mm)
5	78.6	65.65	68.69	60.082
10	135.35	116.45	128.23	111.97
25	169.42	140.59	158.84	145
50	212.47	171.87	189.45	180.68
100	244.41	195.68	212.19	208.26
250	276.11	219.9	234.97	236.64
500	317.85	252.79	265.41	275.66
1000	380.87	304.91	312.67	338.49
2000	412.85	332.7	336.99	371.79

En la Tabla 5.96 se presentan los valores de precipitación máxima extrapolada para diferentes periodos de retorno, resultantes de la aplicación del programa HIDROESTA. Posteriormente, se obtuvieron los valores de días con lluvia promedio del año para cada estación, así como los valores promedio de precipitación máxima diaria corregida (Tabla 5.97).

Tabla 5.97.- Parámetros de lluvias máximas.

ESTACIÓN	COLIMA COSTEÑO	ETA COMALA	CUAHUTÉMOC	BUENAVISTA
Días con lluvia/año	77.01	69.2	72.1	65.7
Promedio de Lluvia máxima en 24 hrs.	105.33	106.472	112.1	93.93

Consecuentemente se obtuvieron los valores de días con lluvia promedio del año para cada estación, así como los valores promedio de precipitación máxima diaria corregida. Para construir las curvas I-d-Tr se requiere conocer la relación de lluvia R de 1 h a la de 24 h, ambas con periodo de retorno Tr de 2 años. Para la obtención de esta relación es necesario utilizar el registro pluviográfico más cercano, o bien se puede emplear el criterio propuesto por el U.S. Weather Bureau y ampliado por B.M. Reich. La relación de lluvia R para 1h/24h de cada estación se muestra en la Tabla 5.98.

Tabla 5.98.- Relación de lluvia R para 1 h/24 h de cada estación.

ESTACIÓN	COLIMA COSTEÑO	ETA COMALA	CUAUHTÉMOC	BUENAVISTA
R	0.58	0.56	0.53	0.51

Para obtener el coeficiente de escurrimiento (Ce) se ponderó el valor de acuerdo al área de tipo de vegetación de cada microcuenca. Los resultados son mostrados en la siguiente Tabla 5.99.

Tabla 5.99.- Coeficiente de escurrimiento (Ce) para la cuenca Santa Gertrudis.

Microcuenca	1	2	3	4	5
Ce	0.18	0.19	0.19	0.19	0.19

Los datos para obtener el gasto de diseño para cada microcuenca de la zona de estudio, son mostrados en la Tabla 5.100.

Tabla 5.100.- Parámetros necesarios para calcular hidrograma para cada microcuenca.

DATOS 1	Símbolo	Microcuenca 1	Microcuenca 2	Microcuenca 3	Microcuenca 4	Microcuenca 5
Área de la cuenca (km^2)	***A***	4.31	2.22	1.2419	4.45	**0.58**
Tiempo de concentración (h)	***tc***	1.07	0.8286	0.5747	0.8655	0.232
Coeficiente de escurrimiento	***Ce***	0.18	0.19	0.19	0.19	0.19
d = tc						
HIDROGRAMA						
Tiempo de retraso	***tr***	0.642	0.49716	0.34482	0.5193	0.1392
Tiempo pico	***tp***	1.177	0.91146	0.63217	0.95205	0.2552
Tiempo base	***tb***	3.14	2.43	1.689	2.54	0.68

A continuación se muestran como ejemplo los hidrogramas que muestran el gasto que debe transitarse a través de los ríos de las microcuencas 1 a 4, para un periodo de retorno de 2 años para el arroyo Santa Gertrudis (Figura 5.162 a Figura 5.165).

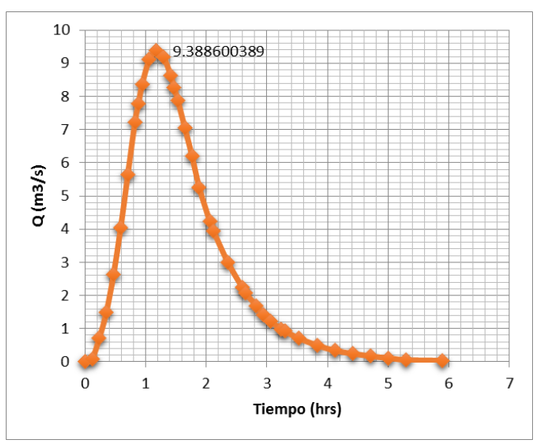


Figura 5.162.- Hidrograma de la microcuenca 1 del arroyo Santa Gertrudis.

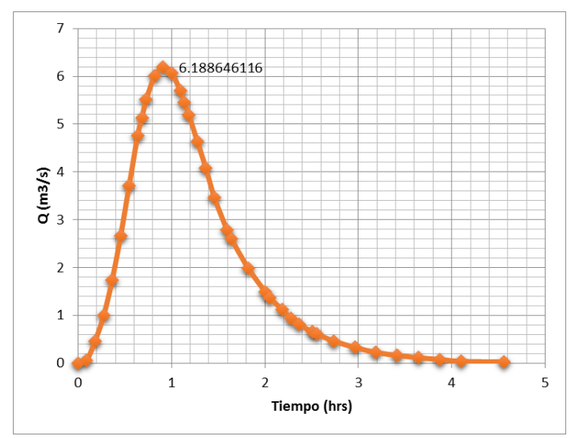


Figura 5.163.- Hidrograma de la microcuenca 2 del arroyo Santa Gertrudis.

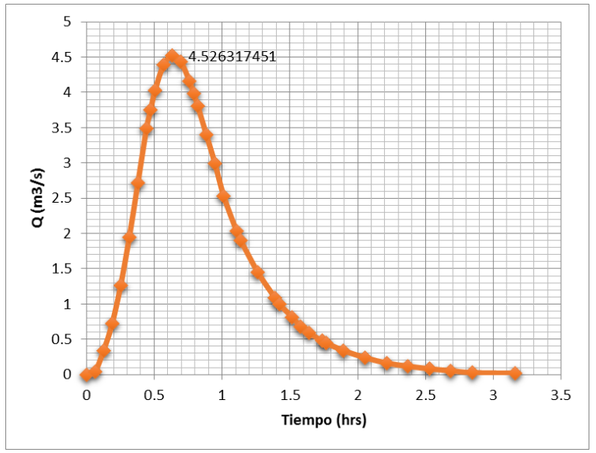


Figura 5.164.- Hidrograma de la microcuenca 3 del arroyo Santa Gertrudis.

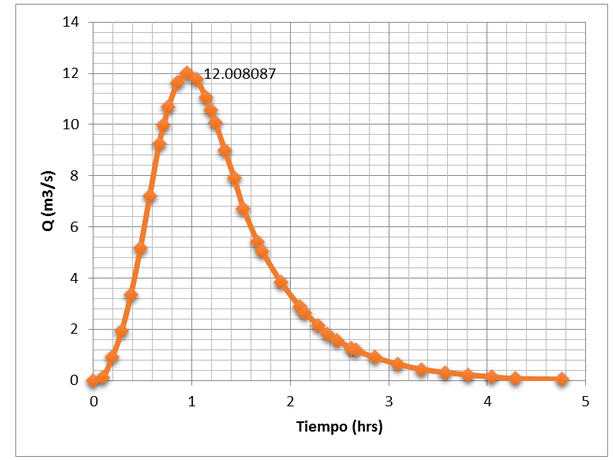


Figura 5.165.- Hidrograma de la microcuenca 4 del arroyo Santa Gertrudis.

Arroyo Jazmín

Para obtener el coeficiente de escurrimiento (Ce), para la microcuenca del arroyo Jazmín se ponderó el valor de acuerdo al área de tipo de vegetación de la microcuenca. Los resultados son mostrados en la siguiente Tabla 5.113.

Tabla 5.101.- Coeficiente de escurrimiento (Ce) para la microcuenca del arroyo Jazmín.

Microcuenca	**1**
Ce	**0.24**

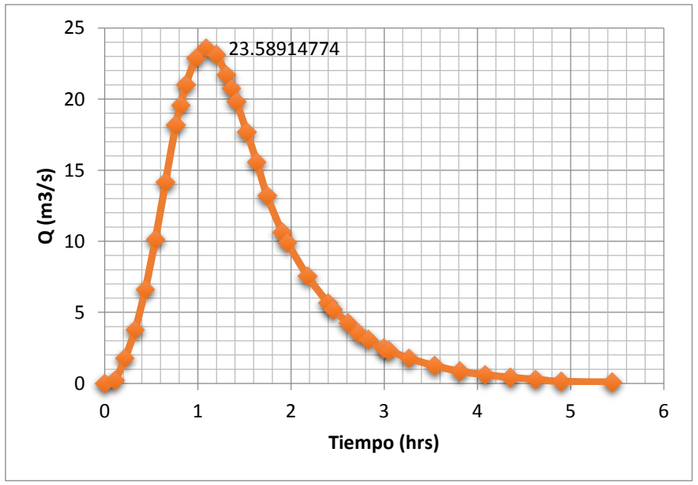
Los datos para obtener el gasto de diseño para la microcuenca del arroyo Jazmín, son mostrados en la

Tabla 5.102.

Tabla 5.102.- Parámetros necesarios para calcular el hidrograma para la microcuenca del arroyo Jazmín para un periodo de retorno de 5 años.

DATOS 1	**Símbolo**	**Microcuenca 1**
Área de la cuenca (km^2)	***A***	5.47
Tiempo de concentración (h)	***tc***	0.99
Coeficiente de escurrimiento	***Ce***	0.24
d = tc		
HIDROGRAMA		
Tiempo de retraso	***tr***	0.594
Tiempo pico	***tp***	1.089
Tiempo base	***tb***	2.90763

A continuación se muestran como ejemplo los hidrogramas que muestran el gasto que debe transitarse a través del río de microcuenca del arroyo Jazmín, para un periodo de retorno de 2 y 5 años Figura 5.166 y Figura 5.167.



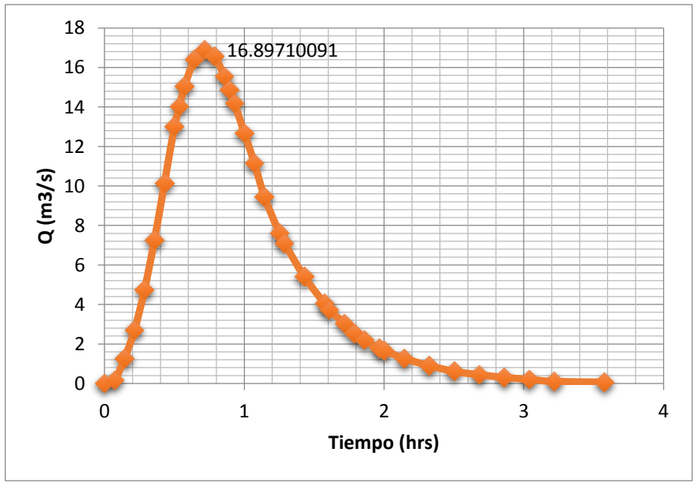


Figura 5.166.- Hidrograma de la microcuenca del arroyo Jazmín para un periodo de retorno de 5 años.

Figura 5.167.- Hidrograma de la microcuenca del arroyo Jazmín para un periodo de retorno de 2 años.

Arroyo Las Grullas

Para obtener el coeficiente de escurrimiento (Ce), para las cuencas del arroyo Las Grullas se ponderó el valor de acuerdo al área de tipo de vegetación de cada microcuenca. Los resultados son mostrados en la siguiente Tabla 5.103.

Tabla 5.103.- Coeficiente de escurrimiento (Ce) para la mcirucenca del arroyo Las Grullas

Microcuenca	**1**
Ce	**0.185**

Los datos para obtener el gasto de diseño para cada microcuenca del arroyo Las Grullas, son mostrados en la Tabla 5.104.

Tabla 5.104.- Parámetros necesarios para calcular el hidrograma para cada microcuenca del arroyo Las Grullas.

DATOS 1	**Símbolo**	**Microcuenca 1**
Área de la cuenca (km^2)	***A***	5.63
Tiempo de concentración (h)	***tc***	0.65
Coeficiente de escurrimiento	***Ce***	0.185
d = tc		
HIDROGRAMA		
Tiempo de retraso	***tr***	0.39
Tiempo pico	***tp***	0.715
Tiempo base	***tb***	1.90905

A continuación se muestran como ejemplo los hidrogramas que muestran el gasto que debe transitarse a través del arroyo Las Grullas, para un periodo de retorno de 2 años (Figura 5.168 y Figura 5.169).

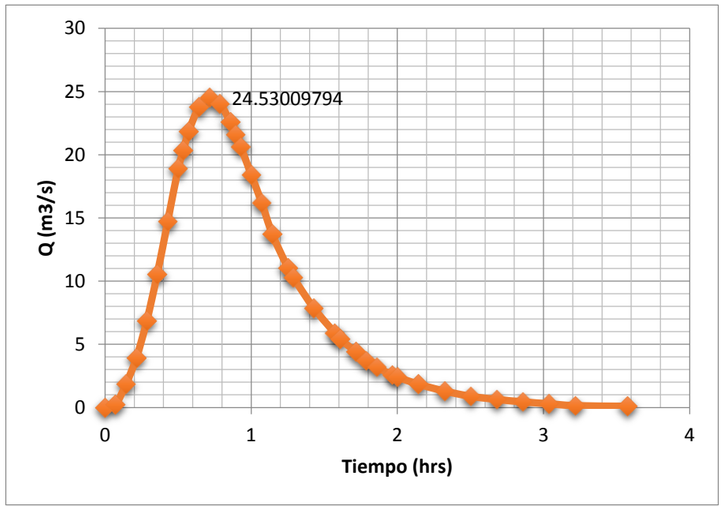


Figura 5.168.- Hidrograma de la microcuenca del arroyo Las Grullas para un periodo de retorno de 5 años.

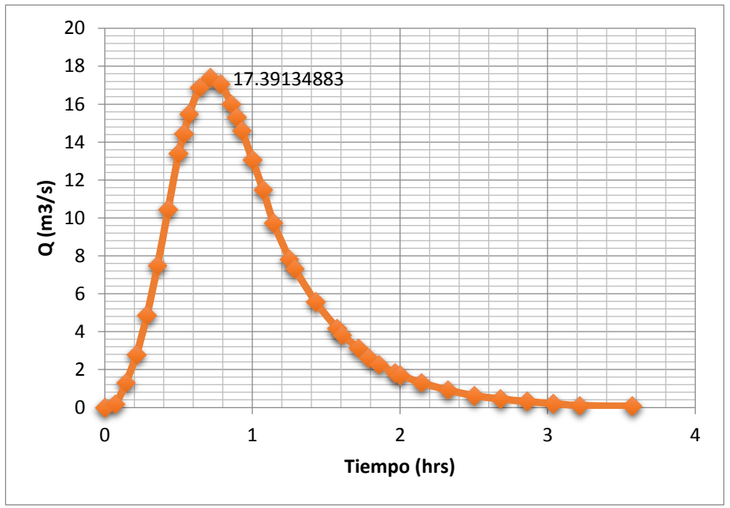


Figura 5.169.- Hidrograma de la microcuenca del arroyo Las Grullas para un periodo de retorno de 2 años.

Arroyo Manrique

Para obtener el coeficiente de escurrimiento (Ce), para las cuencas del arroyo Manrique se ponderó el valor de acuerdo al área de tipo de vegetación de cada microcuenca. Los resultados son mostrados en la siguiente Tabla 5.105.

Tabla 5.105.- Coeficiente de escurrimiento (Ce) para la cuenca del arroyo Manrique

Microcuenca	**1**	**2**
Ce	**0.3**	**0.4**

Los datos para obtener el gasto de diseño para cada microcuenca del arroyo Manrique, son mostrados en la Tabla 5.106.

Tabla 5.106.- Parámetros necesarios para calcular el hidrograma para cada microcuenca del arroyo Manrique.

DATOS 1	Símbolo	Microcuenca 1	Microcuenca 2
Área de la cuenca (km^2)	***A***	7.53	4.81
Tiempo de concentración (h)	***tc***	1.62	1.04

DATOS 1	Símbolo	Microcuenca 1	Microcuenca 2
Coeficiente de escurrimiento	***Ce***	0.3	0.19
d = tc			
HIDROGRAMA			
Tiempo de retraso	***tr***	0.972	0.624
Tiempo pico	***tp***	1.762	1.144
Tiempo base	***tb***	4.757	3.054

A continuación se muestran como ejemplo los hidrogramas que muestran el gasto que debe transitarse a través de los ríos de las microcuencas 1 y 2, para un periodo de retorno de 2 años para el arroyo Manrique (Figura 5.170 y Figura 5.171).

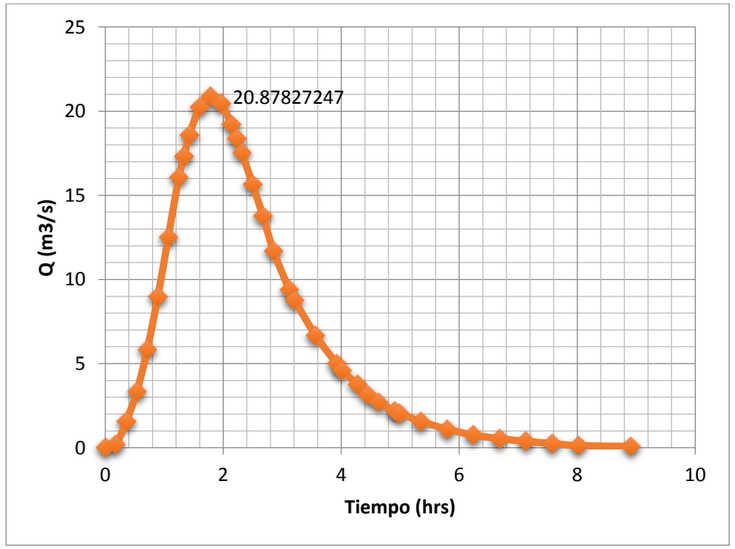


Figura 5.170.- Hidrograma de la microcuenca 1 del arroyo Manrique.

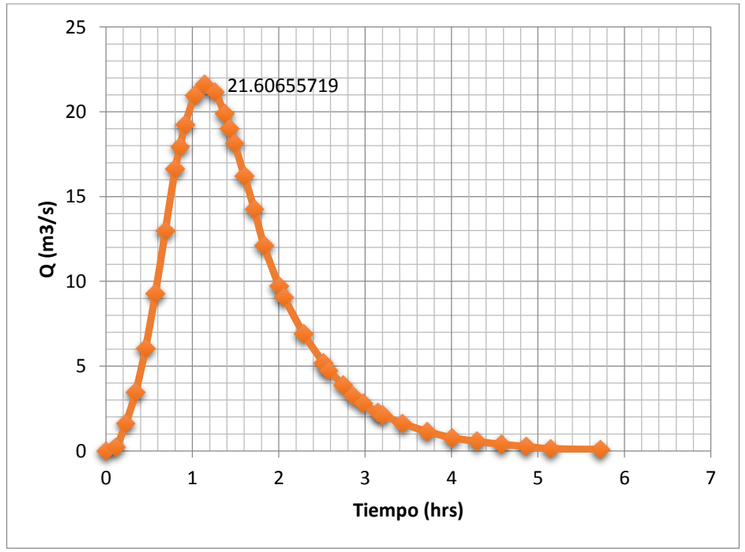


Figura 5.171.- Hidrograma de la microcuenca 2 del arroyo Manrique.

Río Colima

Para obtener el coeficiente de escurrimiento (Ce), para las cuencas del río Colima se ponderó el valor de acuerdo al área de tipo de vegetación de cada microcuenca. Los resultados son mostrados en la siguiente Tabla 5.107.

Tabla 5.107.- Coeficiente de escurrimiento (Ce) para la cuenca del río Colima

Microcuenca	1	2	3	4	5	6
Ce	0.185	0.186	0.188	0.19	0.199	0.247

Los datos para obtener el gasto de diseño para cada microcuenca del río Colima, son mostrados en la Tabla 5.108.

Tabla 5.108.- Parámetros necesarios para calcular el hidrograma para cada microcuenca del río Colima.

DATOS 1	Símbolo	Microcuenca 1	Microcuenca 2	Microcuenca 3	Microcuenca 4	Microcuenca 5	Microcuenca 6
Área de la cuenca (km^2)	***A***	5.63	4.34	6.71	6.98	14.84	7.03
Tiempo de concentración (h)	***tc***	0.65	0.74	0.87	0.95	1.86	1.19
Coeficiente de escurrimiento	***Ce***	0.185	0.186	0.188	0.19	0.199	0.247
d = tc							
HIDROGRAMA							
Tiempo de retraso	***tr***	0.39	0.444	0.522	0.57	1.116	0.714
Tiempo pico	***tp***	0.715	0.814	0.957	1.045	2.046	1.309
Tiempo base	***tb***	1.90905	2.17338	2.55519	2.79015	5.46282	3.49503

A continuación se muestran como ejemplo los hidrogramas que muestran el gasto que debe transitarse a través de los ríos de las microcuencas 1 a 4, para un periodo de retorno de 5 años para el río Colima (Figura 5.172 a la Figura 5.175).

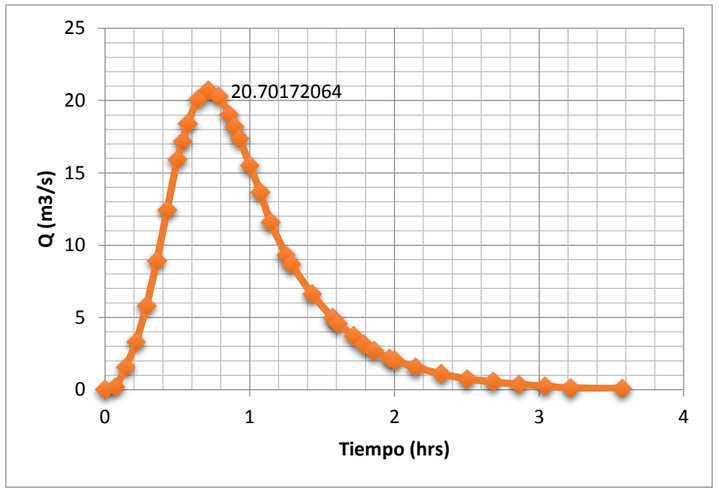


Figura 5.172.- Hidrograma de la microcuenca 1 del río Colima.

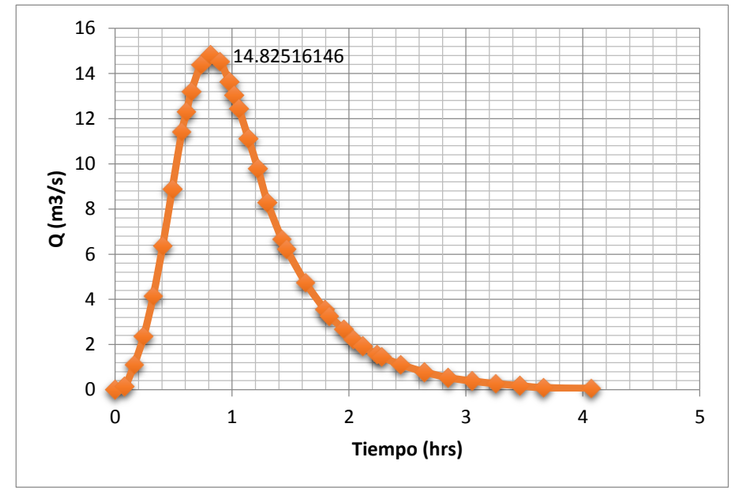


Figura 5.173.- Hidrograma de la microcuenca 2 del Río Colima.

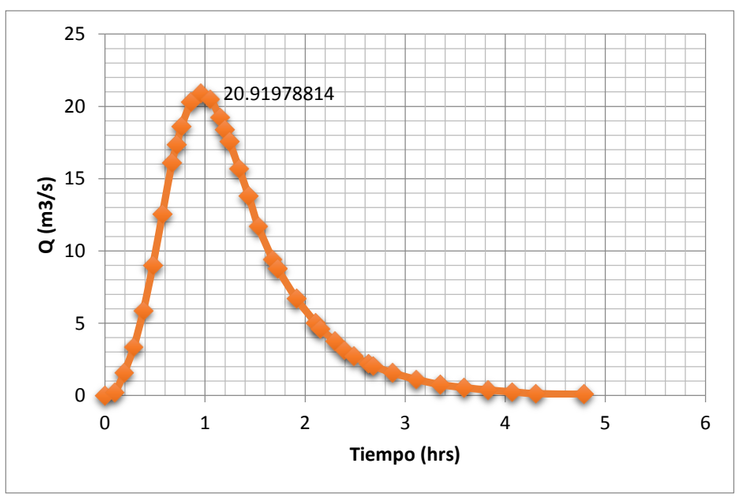


Figura 5.174.- Hidrograma de la microcuenca 3 del río Colima.

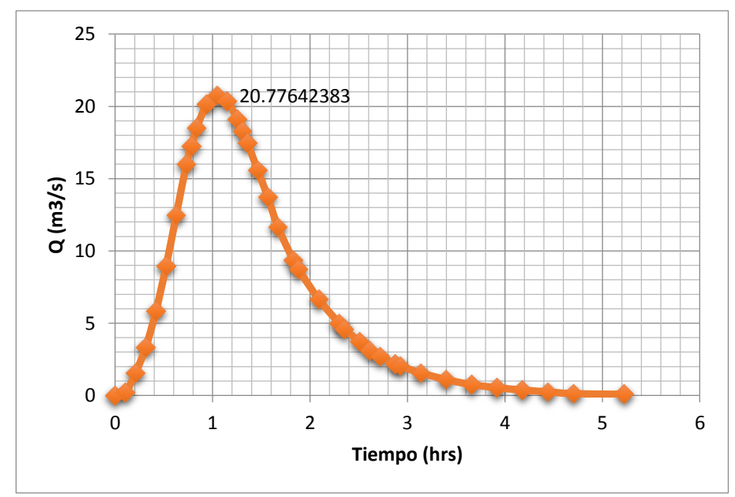


Figura 5.175.- Hidrograma de la microcuenca 4 del río Colima.

Los Tepames

Para obtener el coeficiente de escurrimiento (Ce), para las cuencas de los arroyos de Los Tepames se ponderó el valor de acuerdo al área de tipo de vegetación de cada microcuenca. Los resultados son mostrados en la siguiente Tabla.

Tabla 5.109.-Coeficiente de escurrimiento (Ce) para la cuenca de los arroyos de Los Tepames.

Microcuenca	2	5	7	8	9	10	11	12	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	6	13	14	15	16	17	30
Ce	0.25	0.23	0.302	0.24	0.243	0.29	0.285	0.3345	0.188	0.27	0.185	0.16545	0.23	0.297	0.03	0.1485	0.1279	0.233	0.3	0.1744	0.27	0.1384	0.2482	0.117	0.1025	0.1	0.23

Los datos para obtener el gasto de diseño para cada microcuenca de los arroyos de Los Tepames, son mostrados en la Figura 5.110.

Tabla 5.110.- Parámetros necesarios para calcular el hidrograma para cada microcuenca de los arroyos Los Tepames.

		MICROCUENCAS																										
DATOS 1	**Símbolo**	**2**	**5**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**6**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**30**
Área de la cuenca (km^2)	***A***	2.0	16.7	0.3	0.96	1.7	0.7	0.6	0.6	1.2	1.31	2.4	1.0	0.96	0.03	0.03	0.67	0.77	0.77	0.77	2.09	1.29	3.66	1.05	2.18	5.31	1.58	0.34
Tiempo de concentración (h)	***tc***	0.7	0.9	0.3	0.35	0.4	0.5	0.3	0.3	0.3	0.76	0.5	0.3	0.28	0.04	0.07	0.17	0.12	0.07	0.14	0.12	0.62	0.70	0.29	0.40	0.45	0.30	0.27
Coeficiente de escurrimiento	***Ce***	0.3	0.2	0.3	0.24	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.27	0.2	0.2	0.23	0.30	0.03	0.15	0.13	0.23	0.30	0.17	0.27	0.14	0.25	0.12	0.10	0.10	0.23
d = tc																												
HIDROGRAMA																												
Tiempo de retraso	***tr***	0.4	0.5	0.2	0.21	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.46	0.3	0.2	0.17	0.02	0.04	0.10	0.07	0.04	0.08	0.07	0.37	0.42	0.17	0.24	0.27	0.18	0.16
Tiempo pico	***tp***	0.7	1.0	0.4	0.38	0.4	0.5	0.3	0.3	0.4	0.84	0.5	0.3	0.31	0.04	0.08	0.19	0.13	0.08	0.15	0.13	0.68	0.77	0.32	0.43	0.49	0.32	0.29
Tiempo base	***tb***	2.0	2.6	1.0	1.02	1.1	1.3	0.9	0.8	1.0	2.23	1.4	0.8	0.82	0.11	0.21	0.51	0.36	0.20	0.40	0.36	1.82	2.05	0.85	1.16	1.32	0.87	0.78

A continuación se muestran como ejemplo los hidrogramas que muestran el gasto que debe transitarse a través de los ríos de 4 microcuencas, para un periodo de retorno de 5 años para las microcuencas de Los Tepames (Figura 5.176 a la Figura 5.179).

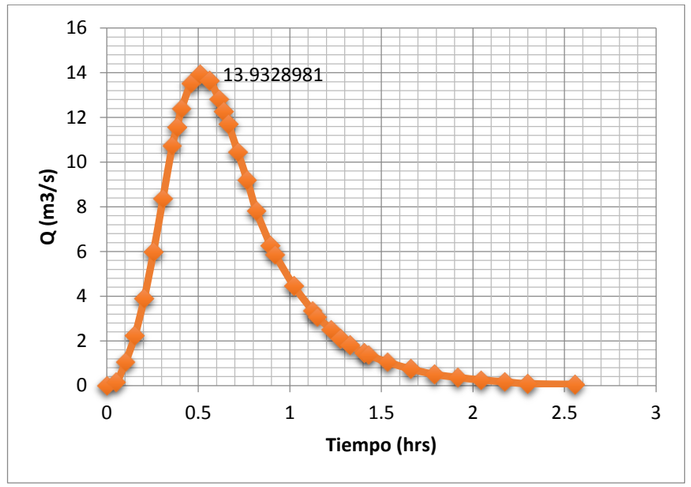


Figura 5.176.- Hidrograma de la microcuenca 20 de Los Tepames.

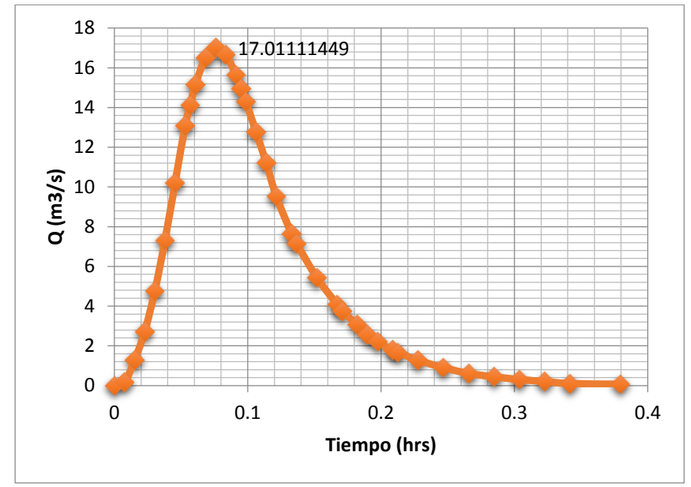


Figura 5.177.- Hidrograma de la microcuenca 27 de los Tepames.

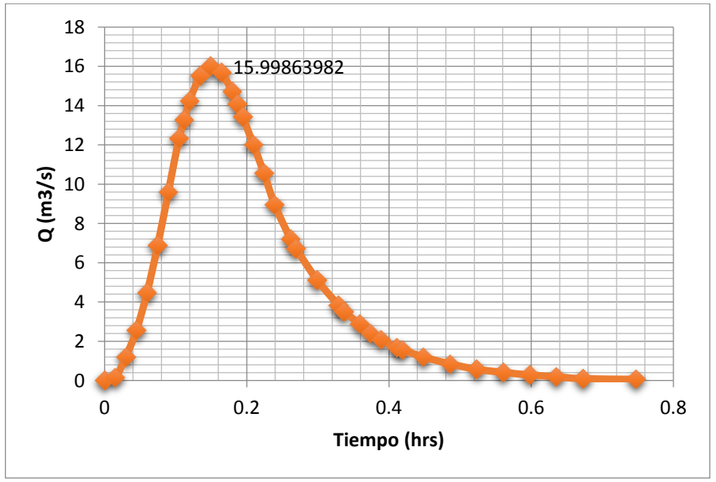


Figura 5.178.- Hidrograma de la microcuenca 28 de Los Tepames.

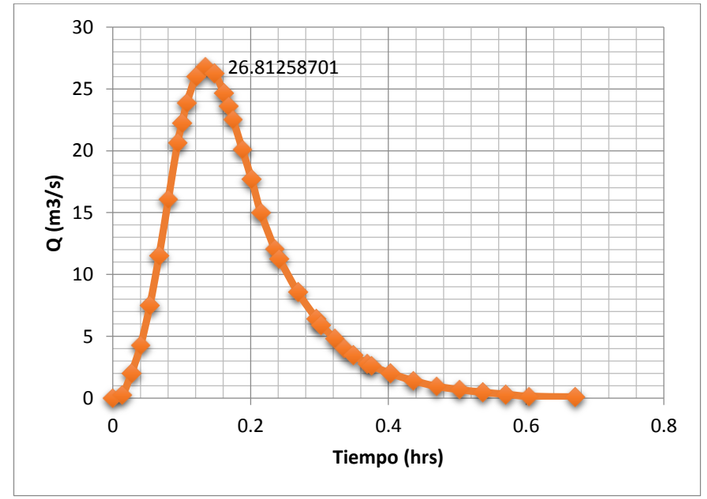


Figura 5.179.- Hidrograma de la microcuenca 29 de Los Tepames.

Río Naranjo

Para obtener el coeficiente de escurrimiento (Ce), para las cuencas del río Naranjo se ponderó el valor de acuerdo al área de tipo de vegetación de cada microcuenca. Los resultados son mostrados en la siguiente Tabla 5.111.

Tabla 5.111.- Coeficiente de escurrimiento (Ce) para la cuenca río Naranjo.

Microcuenca	39	41	43	45	47	50	51	52	56
Ce	0.168	0.172	0.19	0.165	0.172	0.15	0.158	0.169	0.163

Los datos para obtener el gasto de diseño para cada microcuenca del río Naranjo, son mostrados en la Tabla 5.112.

Tabla 5.112.- Parámetros necesarios para calcular el hidrograma para cada microcuenca del río Naranjo.

		MICROCUENCAS								
DATOS 1	**Símbolo**	**39**	**41**	**43**	**45**	**47**	**50**	**51**	**52**	**56**
Área de la cuenca (km^2)	***A***	32.088	45.588	31.765	8.01	**0.58**	51.96	11.655	19.599	33.525
Tiempo de concentración (h)	***tc***	1.053	2.160	2.004	1.699	0.232	1.001	1.875	2.080	0.538
Coeficiente de escurrimiento	***Ce***	0.168	0.172	0.145	0.165	0.19	0.172	0.15	0.158	0.163
d = tc										
HIDROGRAMA										
Tiempo de retraso	***tr***	0.63	1.296	1.2024	1.0194	1.0194	0.6006	1.125	1.248	0.3228
Tiempo pico	***tp***	1.158	2.376	2.2044	1.8689	1.8689	1.1011	2.0625	2.288	0.5918
Tiempo base	***tb***	3.0927	6.34392	5.885	4.989963	4.989963	2.939937	5.506875	6.10896	1.580106

A continuación se muestran como ejemplo los hidrogramas que muestran el gasto que debe transitarse a través de los ríos de 4 microcuencas, para un periodo de retorno de 2 años para el río Naranjo (Figura 5.180 a Figura 5.183).

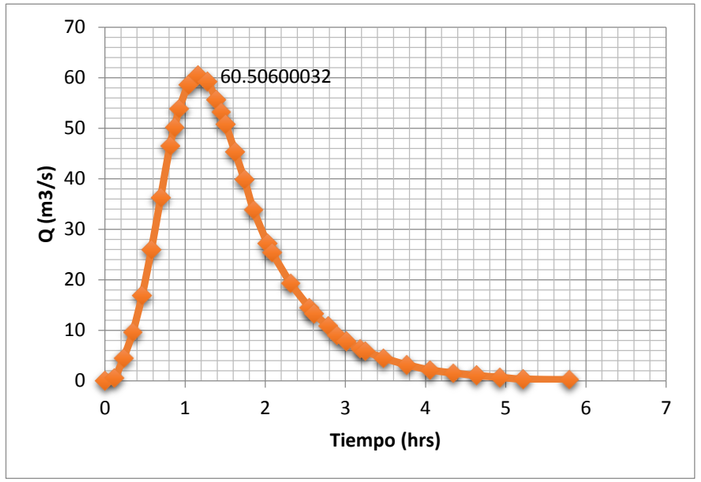


Figura 5.180.- Hidrograma de la microcuenca 39 del río Naranjo.

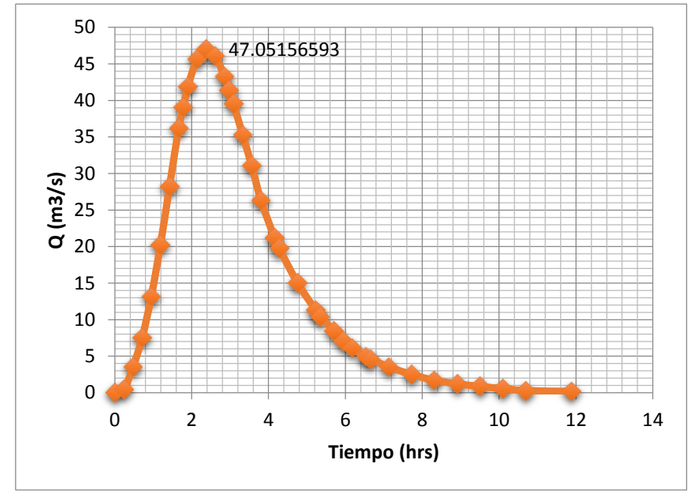


Figura 5.181.- Hidrograma de la microcuenca 41 del río Naranjo.

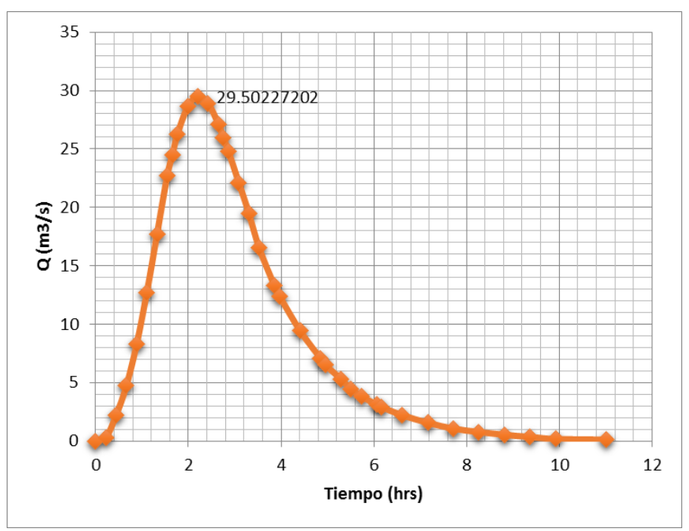


Figura 5.182.- Hidrograma de la microcuenca 43 del río Naranjo.

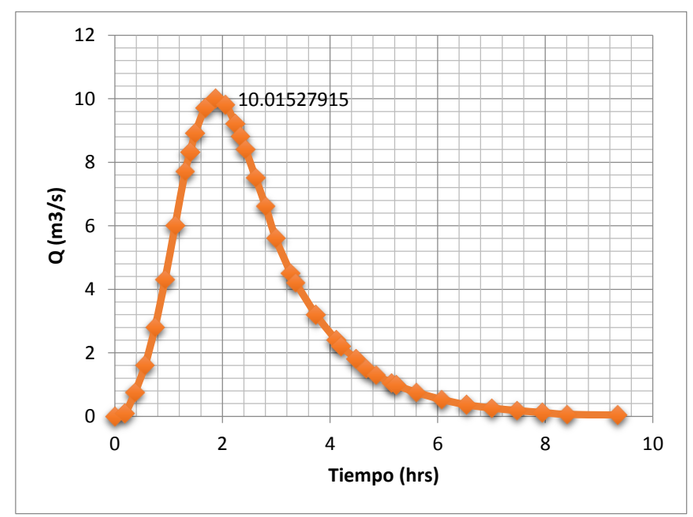


Figura 5.183.- Hidrograma de la microcuenca 45 del río Naranjo.

5.22.7 Resultados del estudio hidráulico

Arroyo Santa Gertrudis

Se obtuvieron las secciones transversales de arroyo Santa Gertrudis (principal), arroyo Zopilote, arroyo La Capacha. Posteriormente se generó la geometría del arroyo Santa Gertrudis (Principal) y se unieron los arroyos de Zopilote y Campos. En la Figura 5.184 se muestran secciones del arroyo Santa Gertrudis y se hizo el modelo de avenida de diseño con un Q= 36 m^3/s. En la Figura 5.185 se muestra el perfil del Arroyo Santa Gertrudis para un periodo de retorno de dos años.

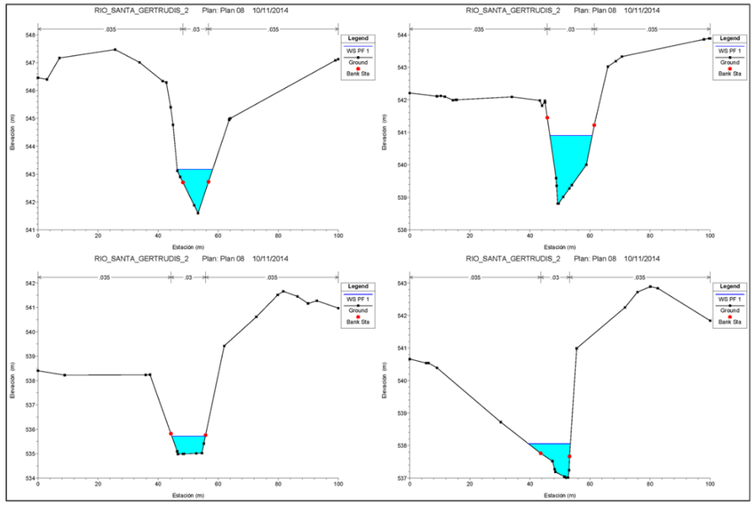


Figura 5.184.- Secciones del arroyo Santa Gertrudis para un periodo de retorno de 2 años.

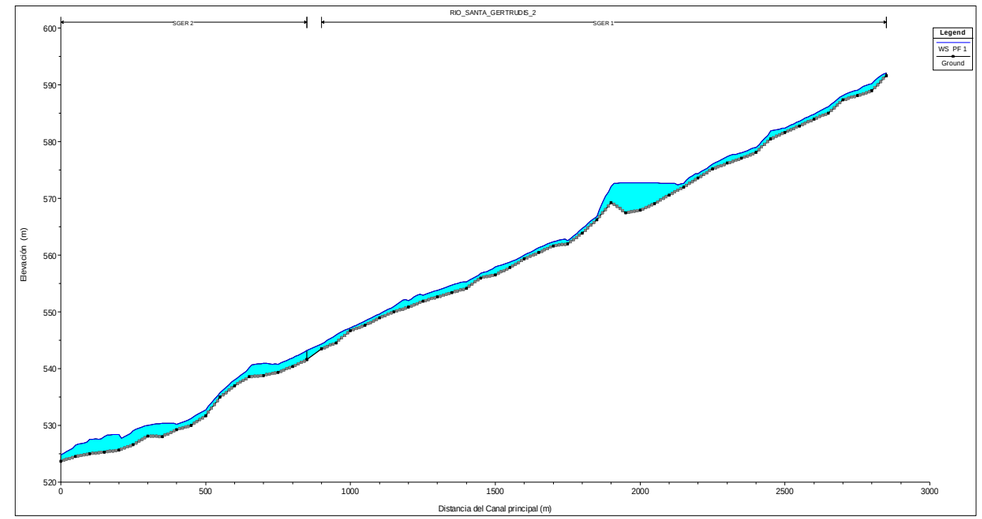


Figura 5.185.- Perfil de arroyo Santa Gertrudis para un periodo de retorno de 2 años.

Arroyo Manrique

Se obtuvieron las secciones transversales de arroyo Manrique. Posteriormente se generó la geometría del arroyo Manrique. En la Figura 5.186 se muestran secciones del arroyo Manrique y se hizo el modelo de avenida de diseño con un Q= 42.45 m^3/s. En la Figura 5.187 se muestra el perfil del arroyo Manrique para un periodo de retorno de dos años.

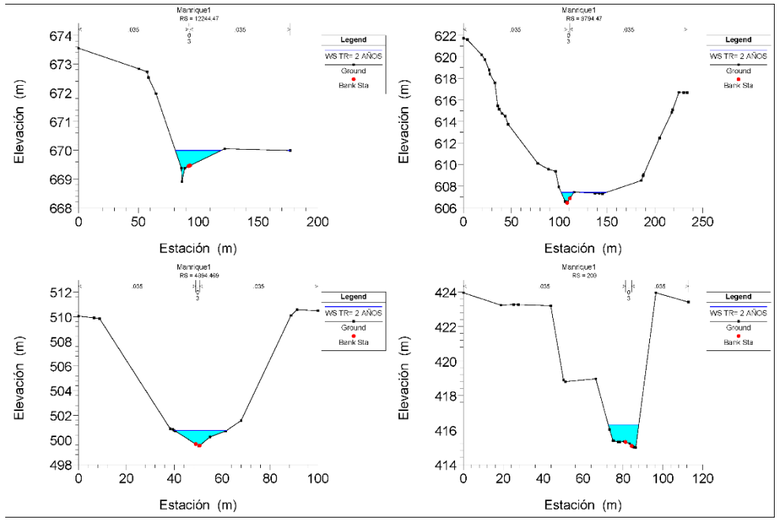


Figura 5.186.- Secciones del arroyo Manrique para un periodo de retorno de 2 años.

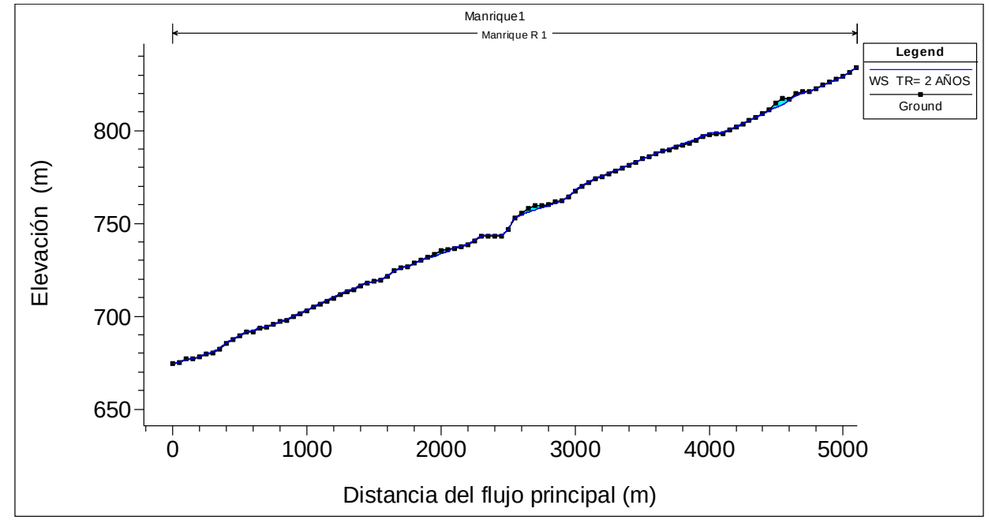


Figura 5.187.-Secciones del arroyo Manrique para un periodo de retorno de 2 años.

Río Colima

Se obtuvieron las secciones transversales de río Colima. Posteriormente se generó la geometría del río Colima. En la Figura 5.188 se muestran secciones del río Colima y se hizo el modelo de avenida de diseño con un Q= 42.45 m^3/s. En la Figura 5.189 se muestra el perfil del río Colima para un periodo de retorno de dos años.

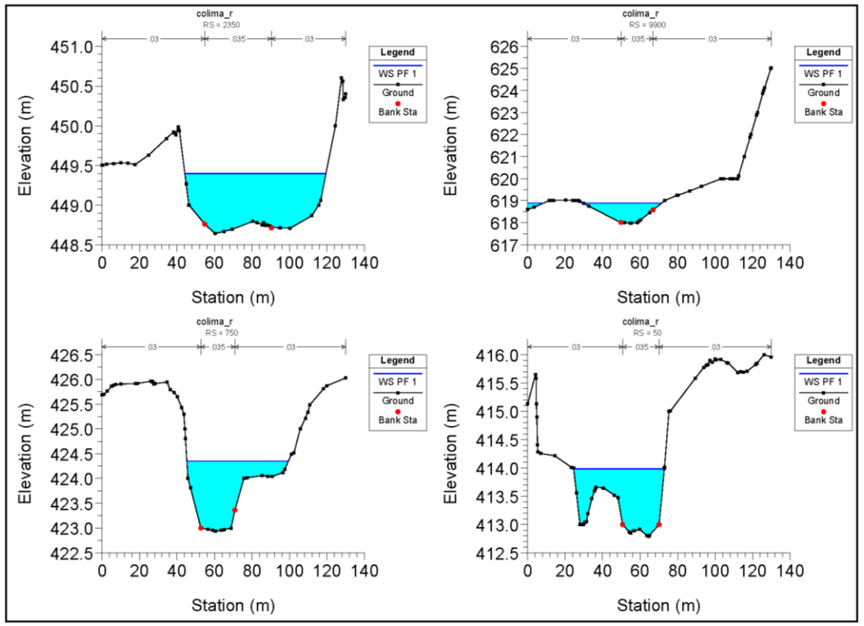


Figura 5.188.- Secciones del río Colima para un periodo de retorno de 2 años.

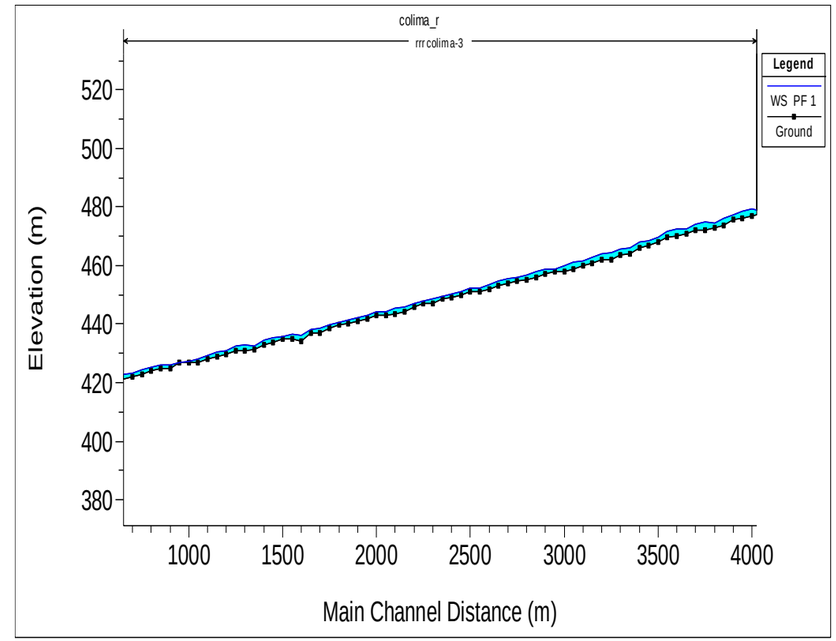


Figura 5.189.- Perfil del río Colima para un periodo de retorno de 2 años.

Arroyo Jazmín

Se obtuvieron las secciones transversales de arroyo Jazmín. Posteriormente se generó la geometría del arroyo Jazmín. En la Figura 5.190 se muestran secciones del arroyo Jazmín y se hizo el modelo de avenida de diseño con un Q= 16.89 m^3/s. En la Figura 5.191 se muestra el perfil del arroyo Jazmín para un periodo de retorno de dos años.

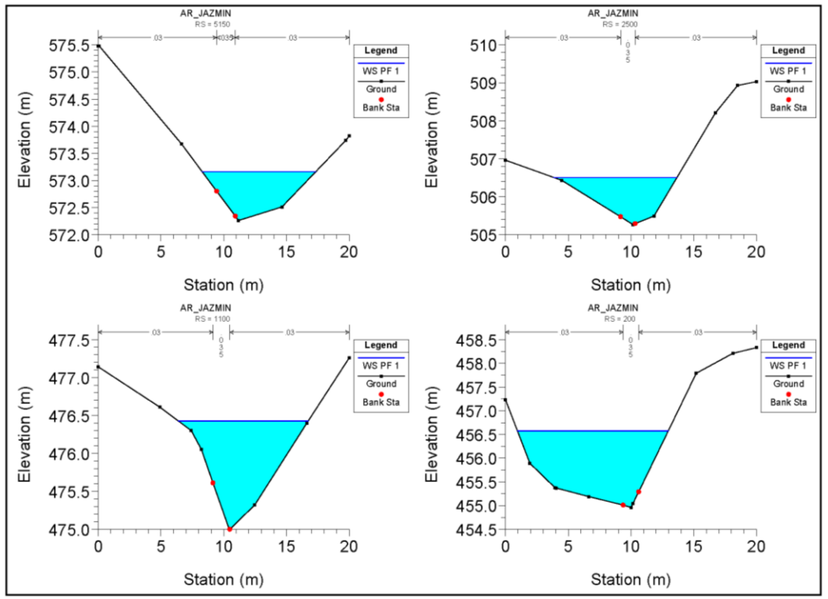


Figura 5.190.- Secciones del arroyo Jazmín para un periodo de retorno de 2 años.

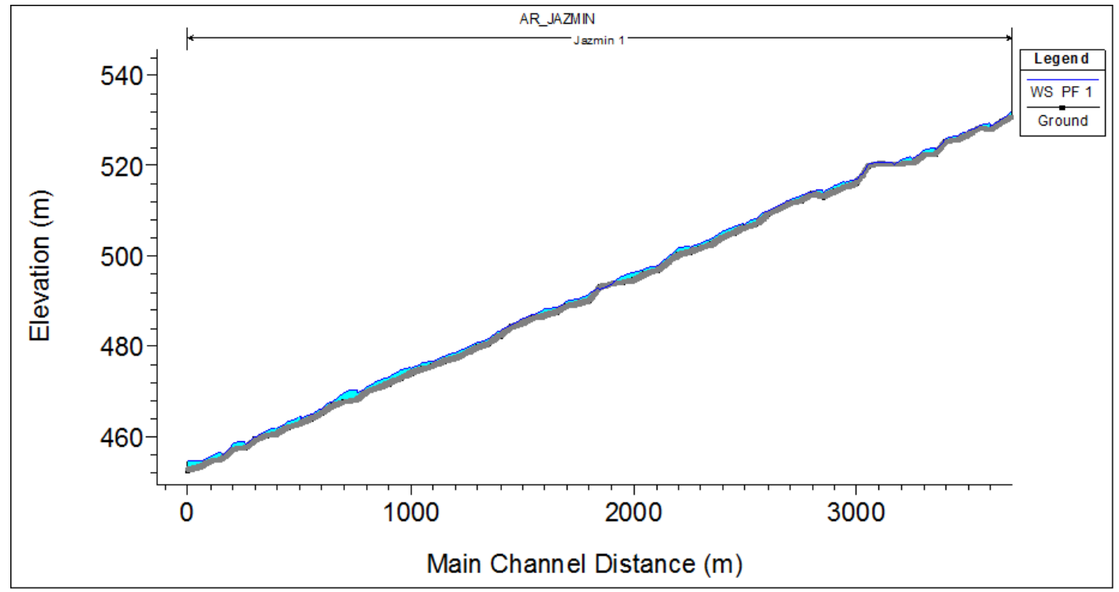


Figura 5.191.-Perfil del arroyo Jazmín para un periodo de retorno de 2 años.

Arroyo Las Grullas

Se obtuvieron las secciones transversales de arroyo Las Grullas. Posteriormente se generó la geometría del arroyo Las Grullas. En la Figura 5.192 se muestran secciones del arroyo Las Grullas y se hizo el modelo de avenida de diseño con un Q= 16.89 m^3/s. En la Figura 5.193 se muestra el perfil del arroyo las Grullas para un periodo de retorno de dos años.

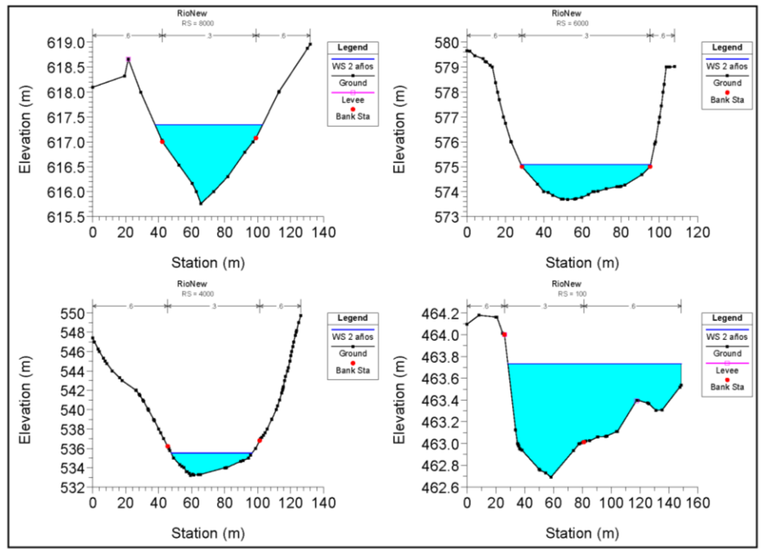


Figura 5.192.- Secciones del arroyo Las Grullas para un periodo de retorno de 2 años.

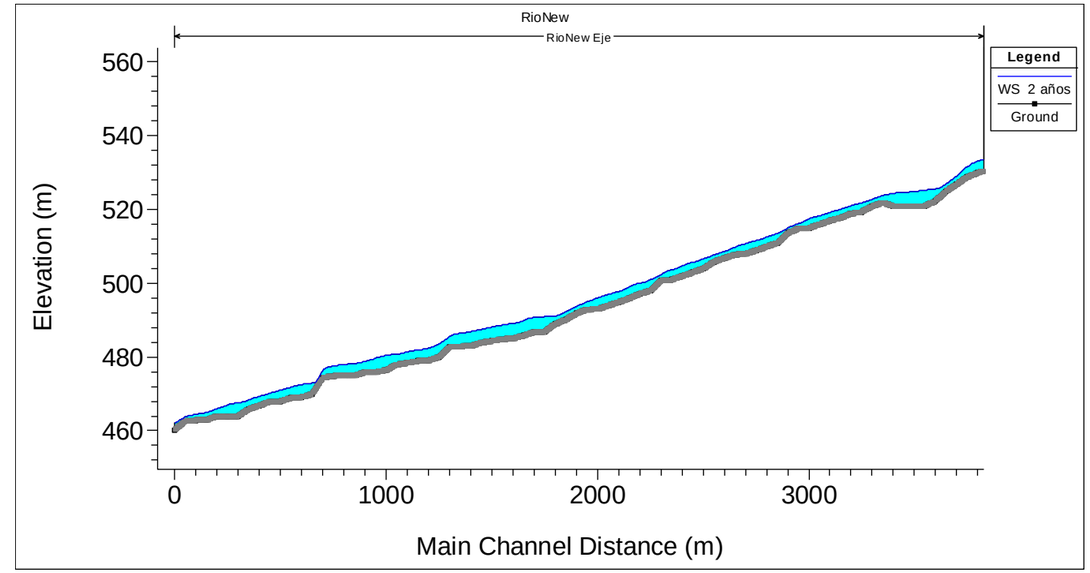


Figura 5.193.- Perfil del arroyo Las Grullas para un periodo de retorno de 2 años.

Los Tepames

Se obtuvieron las secciones transversales del arroyo Colomotitán 2. Posteriormente se generó la geometría uno de los arroyos de los Tepames. En la Figura 5.194 se muestran secciones del arroyo Colomotitán 2 y se hizo el modelo de avenida de diseño para un periodo de retorno de 2 años. En la Figura 5.195 se muestra el perfil de uno de los arroyos de Los Tepames para un periodo de retorno de 2 años.

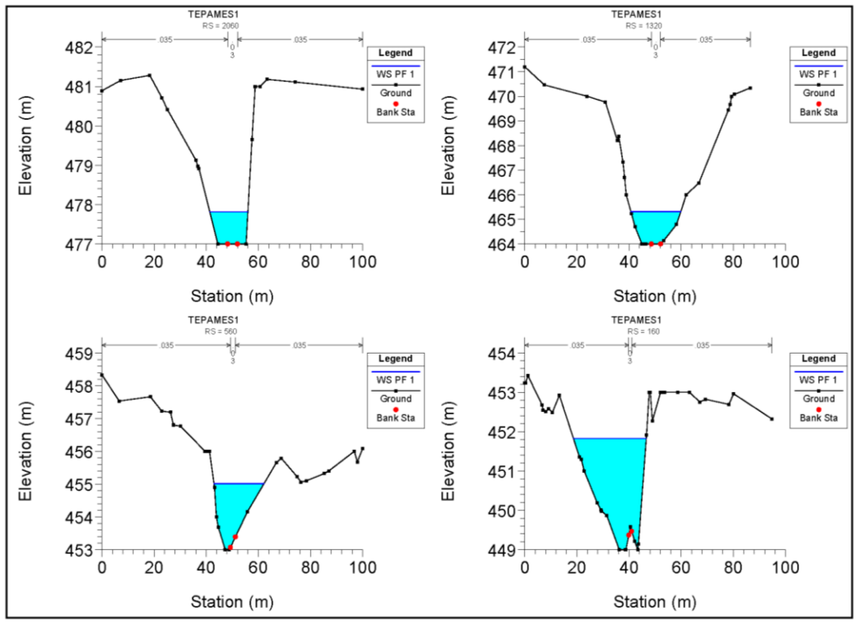


Figura 5.194.- Secciones de un arroyo de los Tepames para un periodo de retorno de 2 años.

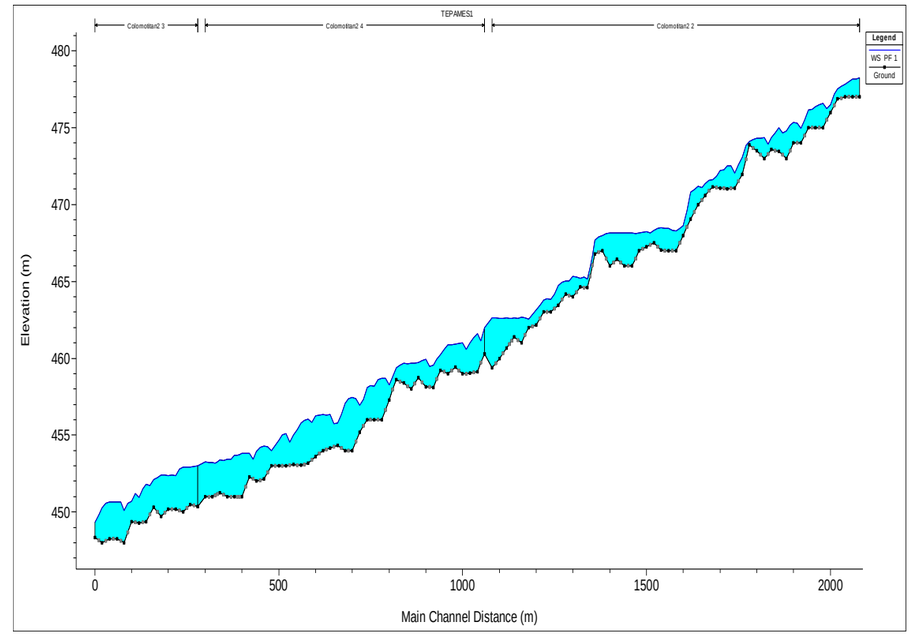


Figura 5.195.- Perfil de un arroyo de los Tepames para un periodo de retorno de 2 años.

Río Naranjo

Se obtuvieron las secciones transversales del río Naranjo. Posteriormente se generó la geometría del río Naranjo y se incluye la zona donde se encuentra la comunidad de Las Tunas. En la Figura 5.196 se muestran secciones del río Naranjo a partir de la Estación 4000+. En la Figura 5.197 se muestra el perfil del río Naranjo para los primeros 4 km del río, para un periodo de retorno de 2 años.

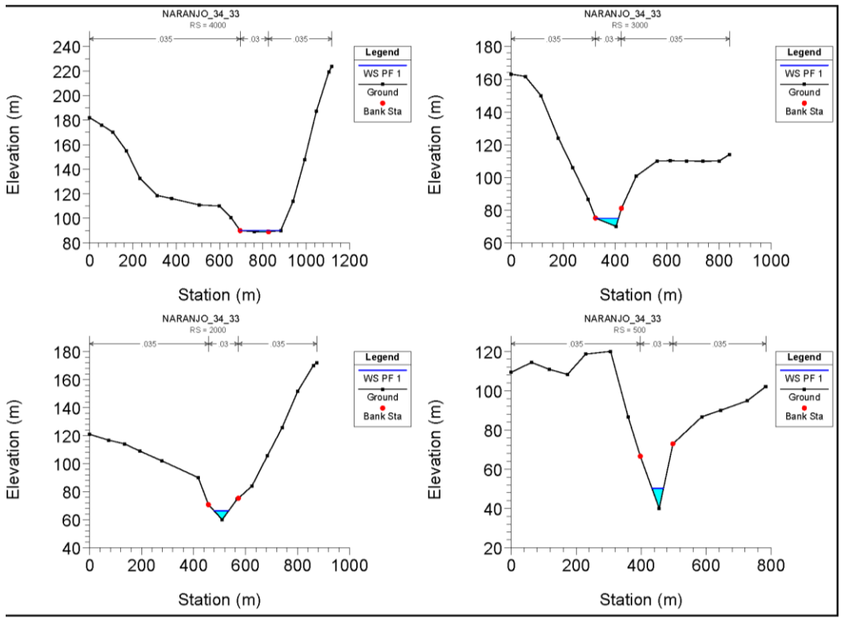


Figura 5.196.- Secciones del río Naranjo para un periodo de retorno de 2 años.

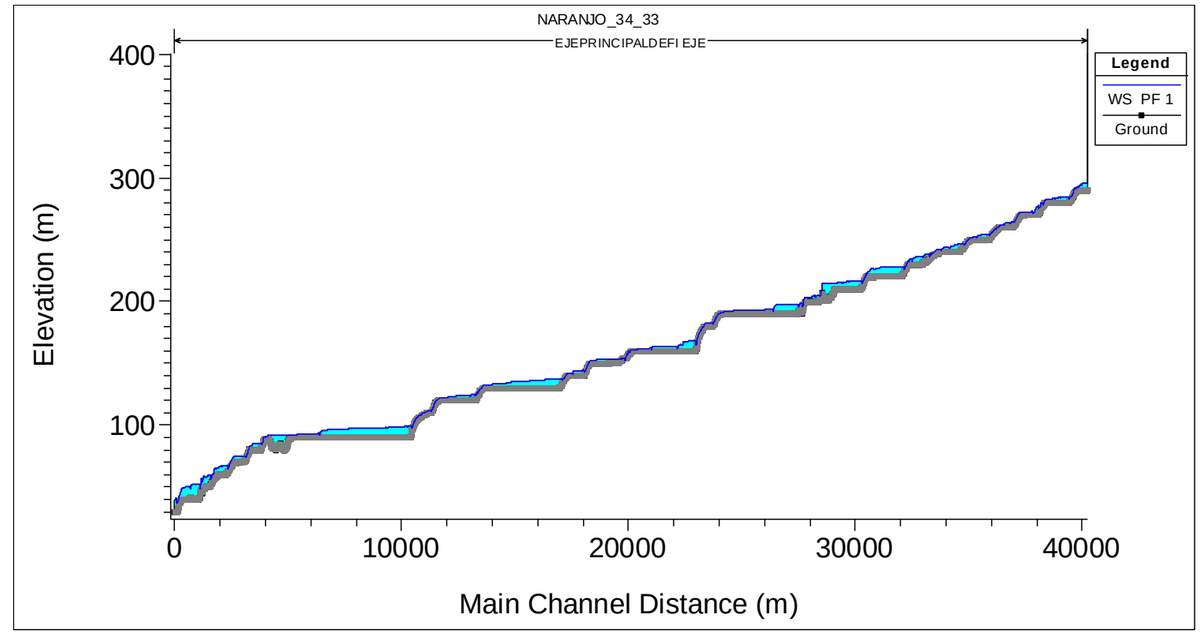


Figura 5.197.- Perfil del río Naranjo para un periodo de retorno de 2 años.

5.22.8 Resultado del Análisis

Arroyo Santa Gertrudis

En el arroyo Santa Gertrudis se tiene que para un periodo de retorno de dos años no inunda la zona urbana de Colima, no representa un peligro para la población. De la Figura 5.198 a la Figura 5.200 se muestra la avenida de diseño resultante, se muestran en tres partes.

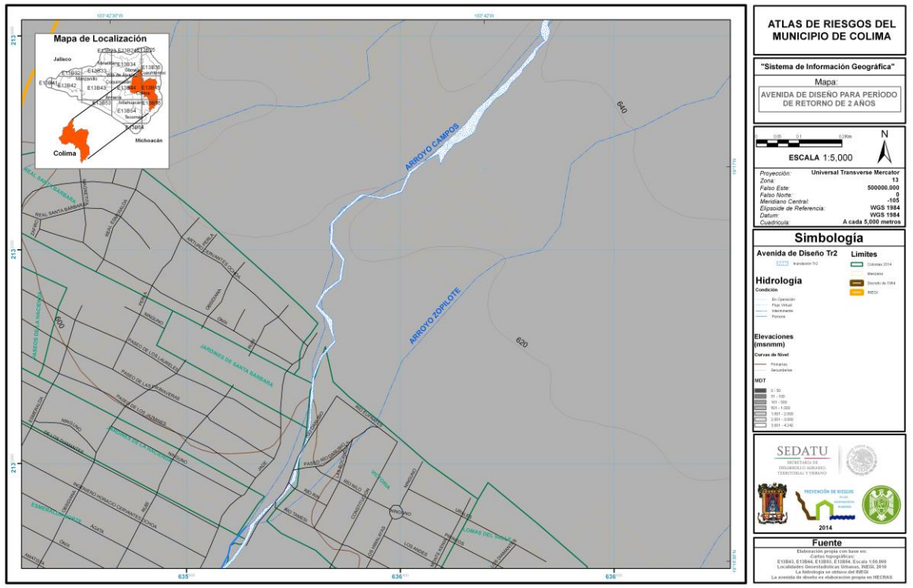


Figura 5.198.- Avenida de diseño para un periodo de retorno de 2 años para el arroyo Santa Gertrudis parte 1.

Figura 5.199.- Avenida de diseño para un periodo de retorno de 2 años para el arroyo Santa Gertrudis parte 2.

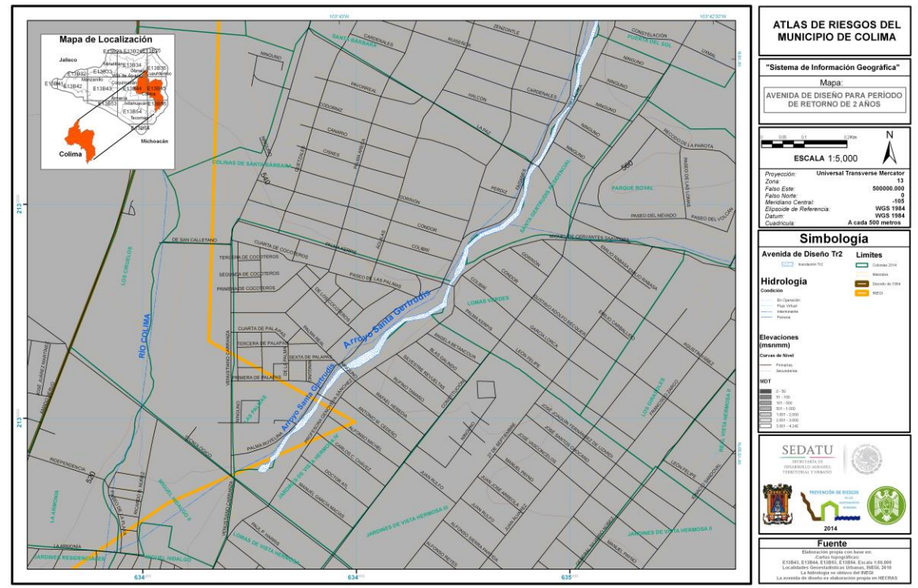


Figura 5.200.- Avenida de diseño para un periodo de retorno de 2 años para el arroyo Santa Gertrudis parte 3.

La avenida de diseño para un periodo de retorno de 5 años ya representa un peligro para las manzanas cercanas, esto significa que cada 5 años tenemos una probabilidad del 80% de que este arroyo provoque afectaciones por desbordamientos (Figura 5.201).

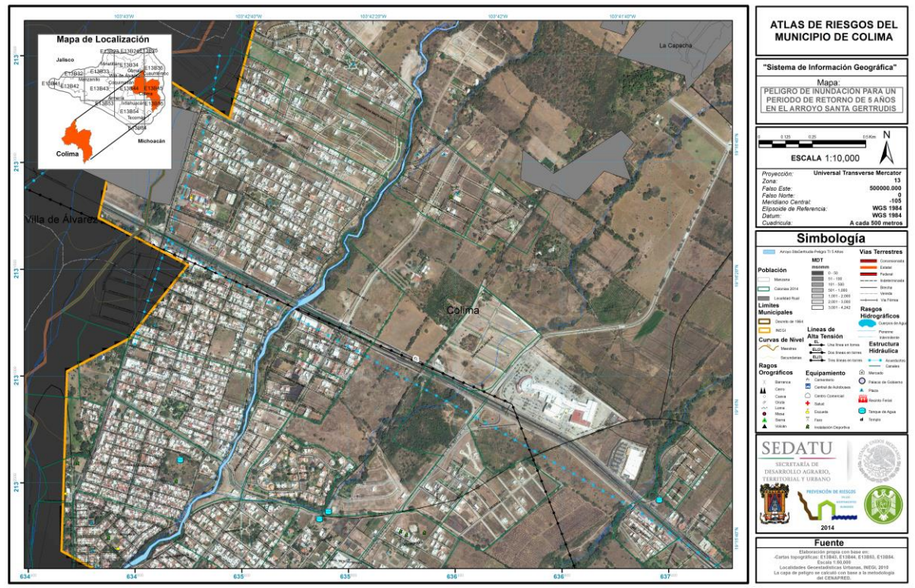


Figura 5.201.- Avenida de diseño para un periodo de retorno de 5 años para el arroyo Santa Gertrudis.

Arroyo Manrique

En el arroyo Manrique se tiene que para un periodo de retorno de dos años no inunda la zona urbana de Colima, no representa un peligro para la población. En la Figura 5.202 y Figura 5.203 se muestran la avenida de diseño resultante para un periodo de retorno de 2 y 5 años.

Figura 5.202.- Avenida de diseño para un periodo de 2 años para el arroyo Manrique.

Figura 5.203.- Avenida de diseño para un periodo de 5 años para el arroyo Manrique.

Río Colima

En el río Colima se tiene que para un periodo de retorno de dos años no inunda la zona urbana de Colima, no representa un peligro para la población. En la Figura 5.204 y Figura 5.205 se muestran la avenida de diseño resultante para un periodo de retorno de 2 y 5 años.

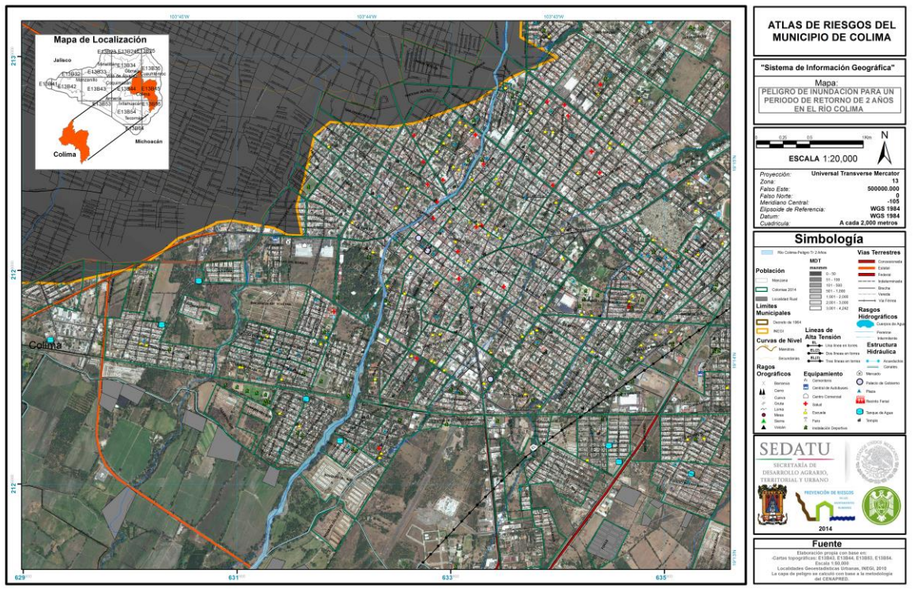


Figura 5.204.- Avenida de diseño para un periodo de 2 años para el río Colima.

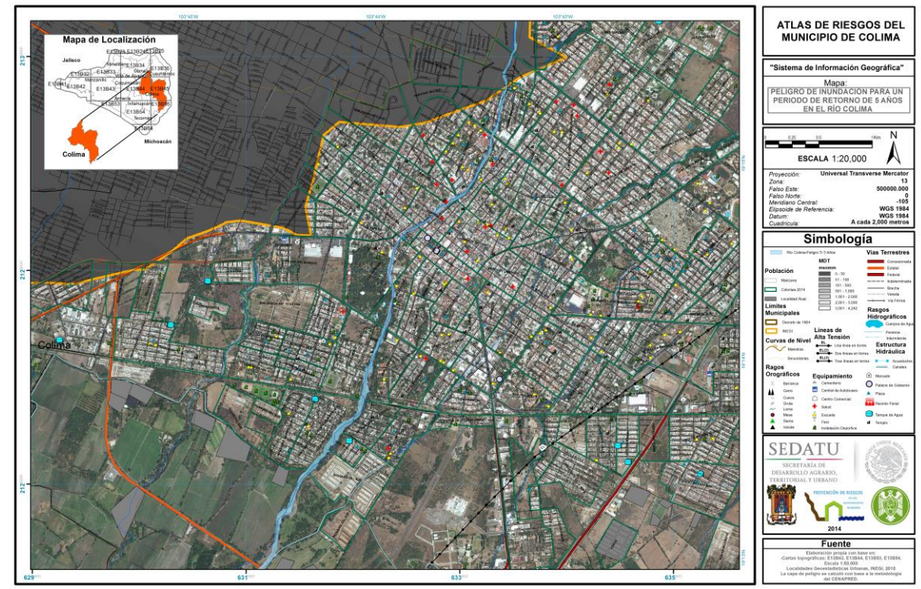


Figura 5.205.- Avenida de diseño para un periodo de 5 años para el río Colima.

Arroyo Jazmín

La avenida de diseño para arroyo Jazmín para un periodo de retorno de dos años no inunda la zona urbana de Colima, no representa un peligro para la población. En la Figura 5.206 y Figura 5.207 se muestran la avenida de diseño resultante para un periodo de retorno de 2 y 5 años.

Figura 5.206.- Avenida de diseño para un periodo de 2 años para arroyo Jazmín.

Figura 5.207.-Avenida de diseño para un periodo de 5 años para arroyo Jazmín.

Arroyo Las Grullas

La avenida de diseño para arroyo Las Grullas para un periodo de retorno de dos años afecta la zona del noreste de la ciudad de Colima. En la Figura 5.208 y Figura 5.209 se muestran la avenida de diseño resultante para un periodo de retorno de 2 y 5 años.

Figura 5.208.- Avenida de diseño para un periodo de 2 años para arroyo Las Grullas.

Figura 5.209.- Avenida de diseño para un periodo de 5 años para arroyo Las Grullas.

Río Naranjo

En el río Naranjo se tiene que para un periodo de retorno de dos años no inunda la comunidad de las Tunas, no representa un peligro para la población. En la Figura 5.202 y Figura 5.203 se muestran la avenida de diseño resultante para un periodo de retorno de 2 y 5 años.

Figura 5.210.- Avenida de diseño para un periodo de 2 años para el río Naranjo.

Figura 5.211.- Avenida de diseño para un periodo de 5 años para el río Naranjo.

Arroyos de Los Tepames

En la comunidad de Los Tepames existen dos arroyos que son un peligro para la zona norte y este de la comunidad. En la Figura 5.212 y Figura 5.213 se muestran la avenida de diseño resultante para un periodo de retorno de 2 y 5 años.

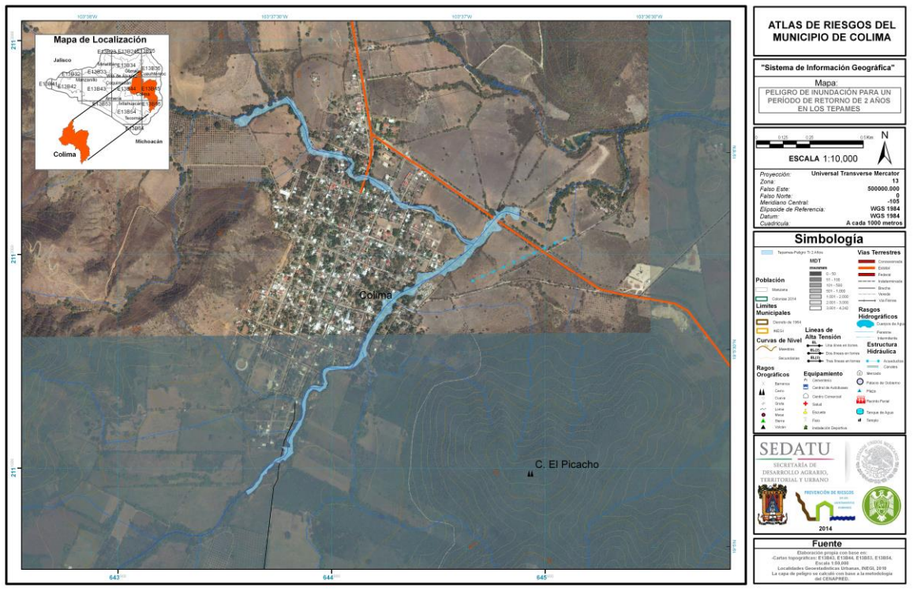


Figura 5.212.- Avenida de diseño para un periodo de 2 años para arroyos de Los Tepames.

Figura 5.213.- Avenida de diseño para un periodo de 5 años para arroyos de Los Tepames.

5.22.9 Vulnerabilidad

La metodología para definir la vulnerabilidad de la vivienda en localidades rurales, a nivel de predio, la cual se basa en la inspección física de cada una de las viviendas que conforman la localidad en estudio. Este informe presenta una metodología para identificar y cuantificar la vulnerabilidad de una población urbana, ante la ocurrencia de una inundación. Aunque las ideas usadas en una y otra metodología son similares, la principal diferencia consiste en que la primera (para zonas rurales) determina la vulnerabilidad para cada vivienda mediante una inspección física de la misma, en cambio para la segunda (para zonas urbanas) la vulnerabilidad se obtiene a través de la información del Censo General de Población y Vivienda (CGPV) y, dependiendo de la información cartográfica que se tenga, puede plasmarse a nivel de vivienda, manzana o área geoestadística básica (AGEB)[192].

[192] CENAPRED (2011). Elaboración de mapas de riesgo para inundaciones y Avenidas Súbitas.

Tipología de la vivienda

Los materiales usados para la construcción de una vivienda representan una variable muy importante en la estimación de la vulnerabilidad de ésta. Por ello, en este capítulo, primero se enlistan los diferentes tipos de materiales que se utilizan en el país y, posteriormente, las combinaciones que resultan entre los materiales de construcción usados en los muros o en el techo de la vivienda serán tipificadas y evaluadas en función de su comportamiento ante una inundación.

Materiales comúnmente usados para el techo y los muros de las viviendas

Dada la diversidad de tipos de vivienda que pueden ser encontrados en todo el país, considerando los materiales usados en sus muros y techo, el objetivo de este subcapítulo es agrupar las combinaciones que se pueden encontrar.

De acuerdo con datos del Censo General de Población y Vivienda del 2000 (INEGI, 2000), los materiales más usados en los muros de la vivienda en nuestro país son ocho (Tabla 5.113)

Tabla 5.113.- Materiales comunes usados en los muros de vivienda.

Tipo	Material
M1	Material de desecho
M2	Láminas de Cartón
M3	Lámina de asbesto o metálica
M4	Carrizo, bambú o Palma
M5	Embarro o bajareque
M6	Madera
M7	Adobe
M8	Tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento y concreto.

De igual forma, en nuestro país los materiales más usados para el techo de la vivienda son seis (Tabla 5.114).

Tabla 5.114.- Materiales comunes usados en los techos de vivienda.

Tipo	Material
T1	Material de desecho
T2	Láminas de Cartón
T3	Lámina de asbesto o metálica
T4	Palma, tejamanil o madera.
T5	Teja
T6	Losa de concreto, tabique, ladrillo o terrado con viguería

Una vez definidos los materiales usados tanto en techo como en muros, el siguiente paso es identificar las posibles combinaciones para generar el tipo de vivienda y en la

Tabla 5.115 solo se describen 20.

Tabla 5.115.- Combinaciones para los diferentes tipos de vivienda, de acuerdo con los materiales usados en el techo y los muros

Combinación	Combinaciones del tipo de material para el techo y para los muros
1	Vivienda con muros y techo de material de desecho
2	Vivienda con muros y techo de lámina y cartón
3	Vivienda con muros de lámina de asbesto o metálica y techo de lámina o cartón.
4	Vivienda con muros de carrizo, bambú o palma y techo de lámina de cartón
5	Vivienda con muros de carrizo, bambú o palma y techo y lámina de asbesto o metálica
6	Vivienda con muros de embarro o bajareque y techo de lámina de cartón.
7	Vivienda con muros de embarro o bajareque y techo de lámina de asbesto o metálica
8	Vivienda con muros de embarro o bajareque y techo de lámina de asbesto o metálica.
9	Vivienda con muros de embarro o bajareque y techo de palma tejamanil o madera.
10	Vivienda con muros de madera y techos de lámina de cartón
11	Vivienda con muros de madera y techos de lámina de asbesto o metálica
12	Vivienda con muros de adobe y techos de lámina de cartón
13	Vivienda con muros de adobe y techos de lámina de asbesto o metálica.
14	Vivienda con muros de adobe y techo de palma tejamanil o madera.
15	Vivienda con muros de adobe y techos de lámina de teja.
16	Vivienda con muros de tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto y techo de lámina de cartón
17	Vivienda con muros de tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto y techo de lámina de asbesto o metálica.
18	Vivienda con muros de tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto y techo de palma tejamanil o madera.
19	Vivienda con muros de tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto y techo de teja.
20	Vivienda con muros de tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto y techo de losa de concreto, tabique, ladrillo o terrado con viguería.

5.22.9.1 Vulnerabilidad de las combinaciones

Con base en su comportamiento ante la presencia de agua, cada una de las combinaciones resultantes se clasifica y se agrupa en alguna de las combinaciones definidas en la Figura 5.214.

		MUROS							
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
TECHO	T1	1	X	X	X	X	X	X	X
	T2	X	2	4	5	7	10	12	16
	T3	X	3	X	6	8	11	13	17
	T4	X	X	X	X	9	X	14	18
	T5	X	X	X	X	X	X	15	19
	T6	X	X	X	X	X	X	X	20

Figura 5.214.- Clasificación de la vulnerabilidad de la vivienda

Como se puede observar en la figura anterior, se definen cuatro categorías a las que se les asocia un nivel de vulnerabilidad (Tabla 5.116).

Tabla 5.116.-Vulnerabilidad de la vivienda ante inundaciones. Primer filtrado.

Color	Vulnerabilidad
Rojo	Muy alta
Naranja	Alta
Amarillo	Media
Verde	Baja

La vulnerabilidad Baja corresponde a la combinación M8T6; de ella se obtendrán dos categorías (Baja y Muy Baja) que a diferencia de las tres anteriores, donde sólo se considera los materiales de construcción, tomarán en cuenta la posesión de automóvil y computadora en cada vivienda. Lo anterior significa que las viviendas que cumplan con la combinación M8T6 automáticamente serán clasificadas como Tipo IV y, si cuentan con automóvil y computadora, pasarán al Tipo V (Tabla 5.117).

Tabla 5.117.- Vulnerabilidad de la vivienda ante inundaciones.

Tipo	Color	Vulnerabilidad
I	Rojo	Muy alta
II	Naranja	Alta
III	Amarillo	Media
IV	Verde	Baja
V	Verde	Muy Baja

La razón de desagregar la vulnerabilidad de la vivienda en cinco niveles es para manejar sólo cinco diferentes tipos de vivienda y no los 20 que resultan de las combinaciones de materiales para techo y muros, más las que tienen computadora y automóvil y las que no. Una vez definidos los tipos de vivienda, el resultado se muestra en la Tabla 5.118.

Tabla 5.118.- Discretización del tipo de vivienda, según el material usado en techo y muros.

Combinación	TIPO DE VIVIENDA	Combinaciones del tipo de material para el techo y para los muros
1	I	Vivienda con muros y techo de material de desecho
2	I	Vivienda con muros y techo de lámina y cartón
3	I	Vivienda con muros de lámina de asbesto o metálica y techo de lámina o cartón.
4	II	Vivienda con muros de carrizo, bambú o palma y techo de lámina de cartón
5	II	Vivienda con muros de carrizo, bambú o palma y techo y lámina de asbesto o metálica
6	II	Vivienda con muros de embarro o bajareque y techo de lámina de cartón.
7	II	Vivienda con muros de embarro o bajareque y techo de lámina de asbesto o metálica
8	II	Vivienda con muros de embarro o bajareque y techo de lámina de asbesto o metálica.
9	II	Vivienda con muros de embarro o bajareque y techo de palma tejamanil o madera.
10	II	Vivienda con muros de madera y techos de lámina de cartón
11	III	Vivienda con muros de madera y techos de lámina de asbesto o metálica
12	II	Vivienda con muros de adobe y techos de lámina de cartón
13	III	Vivienda con muros de adobe y techos de lámina de asbesto o metálica.
14	III	Vivienda con muros de adobe y techo de palma tejamanil o madera.
15	III	Vivienda con muros de adobe y techos de lámina de teja.
16	II	Vivienda con muros de tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto y techo de lámina de cartón
17	III	Vivienda con muros de tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto y techo de lámina de asbesto o metálica.
18	III	Vivienda con muros de tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto y techo de palma tejamanil o madera.
19	III	Vivienda con muros de tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto y techo de teja.
20	IV	Vivienda con muros de tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto y techo de losa de concreto, tabique, ladrillo o terrado con viguería.

5.22.10 Análisis de Resultados

El tipo de vivienda para la localidad de Colima se muestra en la siguiente memoria de cálculo de vulnerabilidad física de una vivienda ante una inundación. Sólo se muestran los primeros 50 datos, la memoria de cálculo completa de la localidad de Colima, se muestra en el Anexo D.

Tabla 5.119.- Vulnerabilidad física de vivienda ante inundación para la ciudad de Colima.

ID	Núm_Manz	Tipo_Viv	Tipo	Vulnera
1	0	0	SD	Sin Dato
2	0	0	SD	Sin Dato
3	367	3	III	Media
4	370	0	SD	Sin Dato

ID	Núm_Manz	Tipo_Viv	Tipo	Vulnera
5	366	3	III	Media
6	373	0	SD	Sin Dato
7	369	0	SD	Sin Dato
8	365	3	III	Media
9	275	0	SD	Sin Dato
10	372	0	SD	Sin Dato
11	368	0	SD	Sin Dato
12	278	0	SD	Sin Dato
13	374	0	SD	Sin Dato
14	381	0	SD	Sin Dato
15	371	0	SD	Sin Dato
16	377	0	SD	Sin Dato
17	376	0	SD	Sin Dato
18	380	0	SD	Sin Dato
19	379	0	SD	Sin Dato
20	175	0	SD	Sin Dato
21	154	2	II	Alta
22	153	2	II	Alta
23	153	0	SD	Sin Dato
24	152	2	II	Alta
25	154	0	SD	Sin Dato
26	152	0	SD	Sin Dato
27	0	0	SD	Sin Dato
28	151	2	II	Alta
29	151	0	SD	Sin Dato
30	155	2	II	Alta
31	410	0	SD	Sin Dato
32	409	0	SD	Sin Dato
33	406	0	SD	Sin Dato
34	408	0	SD	Sin Dato
35	90	0	SD	Sin Dato
36	404	0	SD	Sin Dato
37	0	0	SD	Sin Dato
38	405	0	SD	Sin Dato
39	412	0	SD	Sin Dato
40	393	0	SD	Sin Dato

ID	Núm_Manz	Tipo_Viv	Tipo	Vulnera
41	401	0	SD	Sin Dato
42	0	0	SD	Sin Dato
43	400	0	SD	Sin Dato
44	390	0	SD	Sin Dato
45	392	0	SD	Sin Dato
46	398	0	SD	Sin Dato
47	0	0	SD	Sin Dato
48	411	0	SD	Sin Dato
49	387	0	SD	Sin Dato
50	399	0	SD	Sin Dato

En la localidad de Colima la vulnerabilidad de la vivienda ante una inundación es Alta en la zona centro y este de la ciudad; en gran parte la ciudad de Colima se pueden encontrar viviendas con una vulnerabilidad Media, y las viviendas con una vulnerabilidad Baja se ubican en la zona norte de la ciudad.

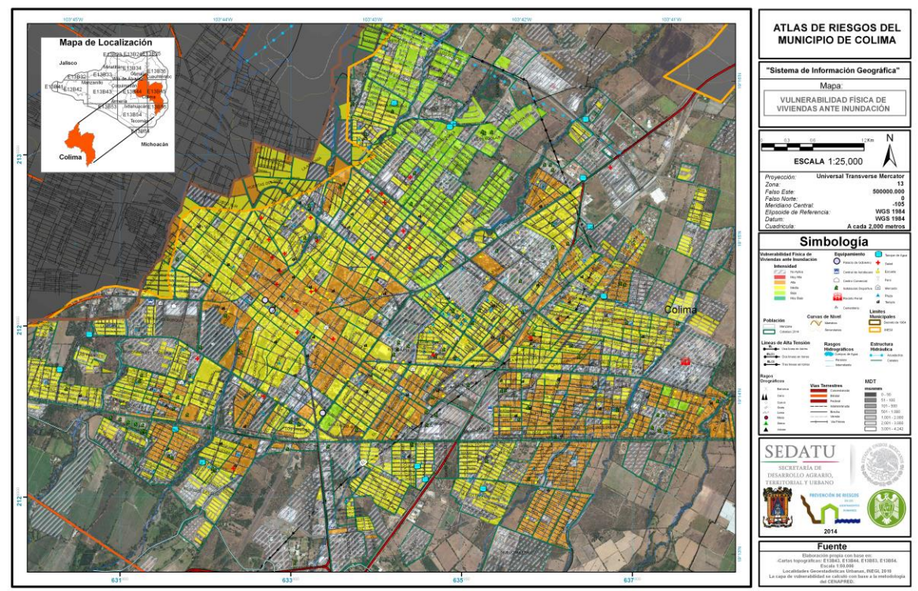


Figura 5.215.- Vulnerabilidad Física de vivienda ante una inundación en el municipio de Colima.

5.22.11 Riesgo

La elaboración de los mapas de riesgo (R) por inundación en localidades urbanas se llevará a cabo con los mapas de Peligro (P) y de vulnerabilidad (V).

Es importante comentar que el parámetro seleccionado para estimar el riesgo por inundaciones es el tirante. Esto significa que los daños esperados dependen del tirante de la inundación y, al mismo tiempo, el riesgo R(i) es a su vez función de la vulnerabilidad V(i) y del peligro P(i), como se plantea a continuación.

5.22.12 Metodología

El riesgo en general está dado por la expresión:

$$R = CVP$$

donde:
C= Valor de los bienes expuestos
V = Vulnerabilidad o porcentaje de daños en una vivienda, debidos a una inundación
P= Peligro o probabilidad de que ocurra un determinado evento

Dado que la vulnerabilidad así como el peligro son variables adimensionales, las unidades del riesgo serán las mismas que las del valor de los bienes expuestos, que generalmente están dadas en unidades monetarias, en nuestro caso pesos. El análisis del riesgo R, o la presentación de los resultados pueden realizarse como se mostrará a continuación.

Valor esperado de los daños anuales

En este caso se estima el valor esperado, de los daños en los bienes expuestos, que se tiene año con año, mediante la sumatoria del producto de las funciones de vulnerabilidad, peligro y el valor de los bienes expuestos de cada vivienda, de manera que se puede calcular el riesgo con la expresión siguiente.

$$R_j = \sum_{i=1}^{m} C_j P(i) * V_j(Y_i)$$

Donde
i= periodo de retorno por analizar
j = vivienda en la que se realiza el análisis
Y(i) = tirante asociado a diferentes periodos de retorno
P(i) = función de peligro
$V_i(Y_i)$ = función de vulnerabilidad

En esta metodología, al igual que para zonas rurales, se propone analizar 5 periodos de retorno. En la Tabla 5.120 se muestran los periodos de retorno y su correspondiente función de peligro

Tabla 5.120.- Función de peligro

Intensidad i (No.)	Tr (i) (años	P(i)
1	2	0.6
2	5	0.20
4	25	0.04
5	50	0.02
6	100	0.012

Cada uno de los eventos de la Tabla anterior está asociado a un periodo de retorno y genera una superficie inundada a partir de la cual se calcula la altura de la inundación (tirante) en cada vivienda. Adicionalmente, y con base en el tipo de vivienda, se usa la correspondiente función de vulnerabilidad para estimar el porcentaje de los daños en la misma. La Figura 5.216 muestra las funciones de peligro y vulnerabilidad para las viviendas de una localidad cualquiera. Considerando los periodos de retorno mostrados en la Figura (de 2 a 2,000 años), el límite superior de la sumatoria m, de la ecuación anterior será igual a 10 y las funciones de peligro y de vulnerabilidad estarán dadas por la Tabla 5.121.

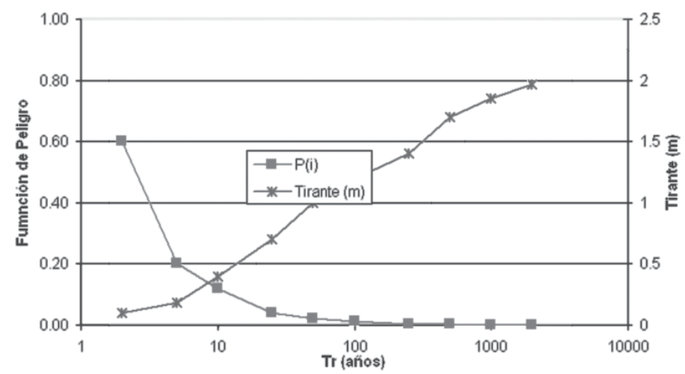


Figura 5.216.- Funciones de peligro y vulnerabilidad para vivienda.

Tabla 5.121.- Función de peligro y vulnerabilidad con 10 niveles de peligro por inundación.

i	Tr (años)	Probabilidad	Tirante Promedio (m)	Vulnerabilidad	Probabilidad * Vulnerabilidad
1	2	0.6	0.10	0.04	0.240
2	5	0.2	0.18	0.24	0.048
3	10	0.12	0.4	0.32	0.0384
4	25	0.4	0.70	0.44	0.0176
5	50	0.02	1.0	0.53	0.0106
6	100	0.012	1.2	0.74	0.0089
7	250	0.0040	1.4	0.81	0.0032
8	500	0.0020	1.70	0.94	0.0019
9	1000	0.0010	1.85	0.98	0.0010
10	2000	0.0006	1.97	1	0.0006
				Suma	**0.1542**

Índice de riesgo

Eventualmente, se pueden expresar los resultados en un mapa mediante un índice de riesgo para cada localidad de la manera siguiente:

$$I_{R_j} = \frac{R_j}{C_{MAX}}$$

Rj: valor de los bienes expuestos dentro de la localidad
C_{MAX}: máximo valor del bien expuesto dentro de la localidad

Según los resultados obtenidos el Índice de Riesgo I_{Rj} puede ser:

I_{R_j}	Alto	$0.67 < I_{R_j} < 1.0$
I_{R_j}	Medio	$0.33 < I_{R_j} < 0.67$
I_{R_j}	Bajo	$0 < I_{R_j} < 0.33$

De hecho se puede asociar un color a cada valor del índice de riesgo, por ejemplo rojo para alto, amarillo para medio y verde para bajo. Hay que recordar que los valores son relativos por lo que son comparables únicamente dentro de la misma localidad. Una vez hechos los cálculos se puede regresar a la traza urbana y pintar cada vivienda con el color correspondiente según su índice de riesgo, peligro o vulnerabilidad

5.22.13 Análisis de Resultados

Arroyo Santa Gertrudis

Con el programa HEC-RAS se pueden obtener diferentes resultados al simular la avenida de diseño de un río. En este caso, para calcular el riesgo por inundación es necesario el ancho superior del flujo y la altura del tirante para cada sección. En la Tabla 5.122 se muestran estos resultados para poder calcular el Riesgo para el Arroyo Santa Gertrudis para secciones a cada 50 m.

Tabla 5.122.- Resultados de la avenida de diseño para un periodo de retorno de 2 años para el Arroyo Santa Gertrudis.

Río	Tramo	Estación	Q (m3/s)	W.S. Elevación (m)	Área del Flujo (m^2)	Ancho superior (m)	Tirante (m)
Sta. Gertrudis	1	9750	9.38	819.47	8.87	33.67	0.26
Sta. Gertrudis	1	9700	9.38	818.94	6.78	36.04	0.19
Sta. Gertrudis	1	9650	9.38	817.42	4.62	20.49	0.23
Sta. Gertrudis	1	9600	9.38	814.59	4.22	28.93	0.15
Sta. Gertrudis	1	9550	9.38	811.51	3.94	25.67	0.15

Río	Tramo	Estación	Q (m3/s)	W.S. Elevación (m)	Área del Flujo (m^2)	Ancho superior (m)	Tirante (m)
Sta. Gertrudis	1	9500	9.38	808.69	4.01	24.8	0.16
Sta. Gertrudis	1	9400	9.38	806.7	4.89	31.41	0.16
Sta. Gertrudis	1	9350	9.38	804.38	4.42	27.44	0.16
Sta. Gertrudis	1	9300	9.38	803.75	7.54	49.01	0.15
Sta. Gertrudis	1	9250	9.38	802	4.32	20.07	0.22
Sta. Gertrudis	1	9200	9.38	800.14	5.06	36.37	0.14
Sta. Gertrudis	1	9150	9.38	799.16	6.74	23.84	0.28
Sta. Gertrudis	1	9100	9.38	798.85	11.02	28.95	0.38
Sta. Gertrudis	1	9050	9.38	798.54	5.54	19.4	0.29
Sta. Gertrudis	1	9000	9.38	797.27	4.82	23.09	0.21
Sta. Gertrudis	1	8950	9.38	795.46	4.01	17.37	0.23
Sta. Gertrudis	1	8900	9.38	794.26	5.6	32.17	0.17
Sta. Gertrudis	1	8850	9.38	792.47	32.57	28.83	1.13
Sta. Gertrudis	1	8800	9.38	792.22	5.11	13.78	0.37
Sta. Gertrudis	1	8750	9.38	788.78	2.93	12.91	0.23
Sta. Gertrudis	1	8700	9.38	786.15	2.83	9.25	0.31
Sta. Gertrudis	1	8650	9.38	782.69	2.78	10.78	0.26
Sta. Gertrudis	1	8600	9.38	779.85	17.81	22.33	0.8
Sta. Gertrudis	1	8550	9.38	779.77	9.31	24.23	0.38
Sta. Gertrudis	1	8500	9.38	779.45	6.22	27.51	0.23
Sta. Gertrudis	1	8450	9.38	778.29	4.84	19.76	0.24
Sta. Gertrudis	1	8400	9.38	778.35	25.32	39.45	0.64
Sta. Gertrudis	1	8350	9.38	778.15	6.78	35.72	0.19
Sta. Gertrudis	1	8300	9.38	775.92	3.32	12.91	0.26
Sta. Gertrudis	1	8250	9.38	775.05	4.32	12.94	0.33
Sta. Gertrudis	1	8200	9.38	772.93	3.73	17.02	0.22
Sta. Gertrudis	1	8150	9.38	771.44	4.47	20.37	0.22
Sta. Gertrudis	1	8100	9.38	769.67	3.42	11.14	0.31
Sta. Gertrudis	1	8050	9.38	766.94	2.94	11.08	0.27
Sta. Gertrudis	1	8000	9.38	764.91	3.28	12.11	0.27
Sta. Gertrudis	1	7950	9.38	762.96	4.2	22.38	0.19
Sta. Gertrudis	1	7900	9.38	761.13	4.05	17.75	0.23
Sta. Gertrudis	1	7850	9.38	759.43	4.1	17.88	0.23
Sta. Gertrudis	1	7800	9.38	758.07	4.08	15.01	0.27
Sta. Gertrudis	1	7750	9.38	756.26	5.01	32.85	0.15

Río	Tramo	Estación	Q (m3/s)	W.S. Elevación (m)	Área del Flujo (m^2)	Ancho superior (m)	Tirante (m)
Sta. Gertrudis	1	7700	9.38	753.94	5.65	50.8	0.11
Sta. Gertrudis	1	7650	9.38	750.49	4.01	29.35	0.14
Sta. Gertrudis	1	7600	9.38	748.28	5.64	48.17	0.12
Sta. Gertrudis	1	7550	9.38	745.77	4.61	31.12	0.15
Sta. Gertrudis	1	7500	9.38	744.04	4.91	31.55	0.16
Sta. Gertrudis	1	7400	9.38	742.45	4.57	22.17	0.21
Sta. Gertrudis	1	7350	9.38	741.33	4.89	20.5	0.24
Sta. Gertrudis	1	7300	9.38	739.79	4.57	22.56	0.2
Sta. Gertrudis	1	7250	9.38	738.7	5.45	26.03	0.21
Sta. Gertrudis	1	7200	9.38	736.47	3.95	19.63	0.2
Sta. Gertrudis	1	7150	9.38	734.29	3.93	19.62	0.2
Sta. Gertrudis	1	7100	9.38	731.99	5.06	40.05	0.13
Sta. Gertrudis	1	7050	9.38	730.41	5.46	33.91	0.16
Sta. Gertrudis	1	7000	9.38	728.8	5.64	38.84	0.15
Sta. Gertrudis	1	6950	9.38	727.18	5.45	35.17	0.15
Sta. Gertrudis	1	6900	9.38	725.16	5.12	39.08	0.13
Sta. Gertrudis	1	6850	9.38	722.97	4.11	21.98	0.19
Sta. Gertrudis	1	6800	9.38	720.93	5.69	50.87	0.11
Sta. Gertrudis	1	6750	9.38	719.39	4.81	24.27	0.2
Sta. Gertrudis	1	6700	9.38	718.77	6.76	35.28	0.19
Sta. Gertrudis	1	6650	9.38	716.95	4.08	18.65	0.22
Sta. Gertrudis	1	6600	9.38	715.34	5.08	32.47	0.16
Sta. Gertrudis	1	6550	9.38	713.44	3.97	18.8	0.21
Sta. Gertrudis	1	6500	9.38	712.11	4.34	16.99	0.26
Sta. Gertrudis	1	6450	9.38	710.91	4.99	22.92	0.22
Sta. Gertrudis	1	6400	9.38	708.83	3.58	14.58	0.25
Sta. Gertrudis	1	6390	9.38	704.31	1.14	8.25	0.14
Sta. Gertrudis	1	6350	9.38	688.41	20.79	17.04	1.22
Sta. Gertrudis	1	6300	9.38	688.38	17.81	20.79	0.86
Sta. Gertrudis	1	6250	9.38	688.38	23.08	27.96	0.83
Sta. Gertrudis	1	6200	9.38	688.34	17.89	20.5	0.87
Sta. Gertrudis	1	6150	9.38	687.98	14.09	18.64	0.76
Sta. Gertrudis	1	6100	9.38	687.87	10.82	16.23	0.67
Sta. Gertrudis	1	6050	9.38	687.82	20.34	37.38	0.54
Sta. Gertrudis	1	6000	9.38	687.76	13.21	28.54	0.46

Río	Tramo	Estación	Q (m3/s)	W.S. Elevación (m)	Área del Flujo (m^2)	Ancho superior (m)	Tirante (m)
Sta. Gertrudis	1	5950	9.38	687.75	27.73	38.56	0.72
Sta. Gertrudis	1	5900	9.38	687.68	12.85	43.77	0.29
Sta. Gertrudis	1	5850	9.38	687.43	6.92	37.77	0.18
Sta. Gertrudis	1	5800	9.38	677.46	1.39	3.85	0.36
Sta. Gertrudis	1	5750	9.38	678.03	3.72	5.77	0.65
Sta. Gertrudis	1	5700	9.38	675.45	2.58	8.67	0.3
Sta. Gertrudis	1	5650	9.38	672.63	2.33	5.66	0.41
Sta. Gertrudis	1	5600	9.38	672.76	17.2	15	1.15
Sta. Gertrudis	1	5550	9.38	672.55	5.54	19.12	0.29
Sta. Gertrudis	1	5500	9.38	668	2.73	12.99	0.21
Sta. Gertrudis	1	5450	9.38	666.18	14.1	12.01	1.17
Sta. Gertrudis	1	5400	9.38	665.9	4.67	11.65	0.4
Sta. Gertrudis	1	5350	9.38	663.54	2.8	8.36	0.33
Sta. Gertrudis	1	5300	9.38	661.53	2.57	5.15	0.5
Sta. Gertrudis	1	5250	9.38	659.52	2.36	4.58	0.51
Sta. Gertrudis	1	5200	9.38	657.11	2.32	5.42	0.43
Sta. Gertrudis	1	5150	9.38	656.91	3.68	5.85	0.63
Sta. Gertrudis	1	5100	9.38	654.61	2.47	6.13	0.4
Sta. Gertrudis	1	5050	9.38	652.44	2.43	5.54	0.44
Sta. Gertrudis	1	5000	9.38	651.93	3.77	8.5	0.44
Sta. Gertrudis	1	4950	9.38	648.19	2.06	5.22	0.39
Sta. Gertrudis	1	4900	9.38	645.83	2.18	4.05	0.54
Sta. Gertrudis	1	4850	9.38	644.64	2.74	4.83	0.57
Sta. Gertrudis	1	4800	9.38	644.26	3.51	5.76	0.61
Sta. Gertrudis	1	4750	9.38	643.36	3.5	6.97	0.5
Sta. Gertrudis	1	4700	9.38	641.88	2.78	5.17	0.54
Sta. Gertrudis	1	4650	9.38	639.8	2.34	4.58	0.51
Sta. Gertrudis	1	4600	9.38	637.69	2.25	4.28	0.53
Sta. Gertrudis	1	4550	9.38	637.28	4.06	3.79	1.07
Sta. Gertrudis	1	4500	9.38	636.73	3.21	3.78	0.85
Sta. Gertrudis	1	4450	9.38	634.47	6.23	5.26	1.19
Sta. Gertrudis	1	4400	9.38	634.35	7.2	9.56	0.75
Sta. Gertrudis	1	4350	9.38	633.97	3.96	6.95	0.57
Sta. Gertrudis	1	4300	9.38	631.89	3.32	12.92	0.26
Sta. Gertrudis	1	4250	9.38	629.78	3.03	9.6	0.32

Río	Tramo	Estación	Q (m3/s)	W.S. Elevación (m)	Área del Flujo (m^2)	Ancho superior (m)	Tirante (m)
Sta. Gertrudis	1	4200	9.38	629.23	4.31	10.15	0.42
Sta. Gertrudis	1	4150	9.38	628.67	4.47	12.96	0.35
Sta. Gertrudis	1	4100	9.38	626.86	4.01	18.1	0.22
Sta. Gertrudis	1	4050	9.38	625.94	5.53	28.09	0.2
Sta. Gertrudis	1	4000	9.38	625.18	5.18	18.62	0.28
Sta. Gertrudis	1	3950	9.38	623.3	5.35	43.57	0.12
Sta. Gertrudis	1	3900	9.38	619.64	2.05	3.91	0.52
Sta. Gertrudis	1	3850	9.38	619.06	3.55	6.81	0.52
Sta. Gertrudis	1	3800	9.38	617.87	3	5.12	0.59
Sta. Gertrudis	1	3750	9.38	615.52	2.25	4.47	0.5
Sta. Gertrudis	1	3700	9.38	614.32	2.96	6.37	0.47
Sta. Gertrudis	1	3650	9.38	613.04	3.05	5.78	0.53
Sta. Gertrudis	1	3600	9.38	611.89	3.08	6.19	0.5
Sta. Gertrudis	1	3550	9.38	611.43	3.99	7.96	0.5
Sta. Gertrudis	1	3500	9.38	609.53	2.72	6.23	0.44
Sta. Gertrudis	1	3450	9.38	608.13	2.9	6.13	0.47
Sta. Gertrudis	1	3400	9.38	606.53	3.12	8.68	0.36
Sta. Gertrudis	1	3350	9.38	605.75	3.7	7.74	0.48
Sta. Gertrudis	1	3300	9.38	604.39	3.62	12.85	0.28
Sta. Gertrudis	1	3250	9.38	601.55	2.26	4.81	0.47
Sta. Gertrudis	1	3200	9.38	599.98	2.5	4.51	0.55
Sta. Gertrudis	1	3150	9.38	598.28	2.37	4.13	0.57
Sta. Gertrudis	1	3100	9.38	597.87	3.85	7.7	0.5
Sta. Gertrudis	1	3050	9.38	595.69	2.32	3.29	0.7
Sta. Gertrudis	1	3000	9.38	595.71	3.34	4.17	0.8
Sta. Gertrudis	1	2950	9.38	593.03	2.05	3.93	0.52
SGER	1	2900	15.58	592.09	1.64	5.89	0.28
SGER	1	2850	15.58	590.2	3.15	4.48	0.7
SGER	1	2800	15.58	589.06	3.98	6.82	0.58
SGER	1	2750	15.58	588.16	5.35	12.49	0.43
SGER	1	2700	15.58	586.16	3.64	5.91	0.62
SGER	1	2650	15.58	584.79	4.01	6.45	0.62
SGER	1	2600	15.58	583.58	4.22	6.95	0.61
SGER	1	2550	15.58	582.41	4.35	7.14	0.61
SGER	1	2500	15.58	581.89	5.99	9.62	0.62

Río	Tramo	Estación	Q (m3/s)	W.S. Elevación (m)	Área del Flujo (m^2)	Ancho superior (m)	Tirante (m)
SGER	1	2450	15.58	578.96	3.47	7.3	0.48
SGER	1	2400	15.58	577.99	4.33	5.78	0.75
SGER	1	2350	15.58	577.38	5.2	7.48	0.7
SGER	1	2300	15.58	576.01	4.26	6.82	0.63
SGER	1	2250	15.58	574.38	3.94	6.46	0.61
SGER	1	2200	15.58	572.68	3.49	5.94	0.59
SGER	1	2150	15.58	572.65	10.58	7.25	1.46
SGER	1	2100	15.58	572.69	30.84	16.15	1.91
SGER	1	2050	15.58	572.69	50.62	18.55	2.73
SGER	1	2000	15.58	572.7	66.74	23.56	2.83
SGER	1	1950	15.58	572.1	4.95	5.1	0.97
SGER	1	1900	15.58	566.77	2.72	6.37	0.43
SGER	1	1850	15.58	564.67	3.76	8.89	0.42
SGER	1	1800	15.58	562.53	3.93	8.91	0.44
SGER	1	1750	15.58	562.32	6.39	13.95	0.46
SGER	1	1700	15.58	561.3	5.25	10.11	0.52
SGER	1	1650	15.58	559.98	5.5	15.71	0.35
SGER	1	1600	15.58	558.82	5.49	9.05	0.61
SGER	1	1550	15.58	557.96	5.37	7.64	0.7
SGER	1	1500	15.58	556.78	5.04	9.02	0.56
SGER	1	1450	15.58	555.27	4.32	7.74	0.56
SGER	1	1400	15.58	554.76	5.61	8.21	0.68
SGER	1	1350	15.58	553.74	4.81	8.05	0.6
SGER	1	1300	15.58	552.96	4.92	7.52	0.65
SGER	1	1250	15.58	551.97	3.98	4.36	0.91
SGER	1	1200	15.58	550.96	4.02	6.51	0.62
SGER	1	1150	15.58	549.66	4.58	9.37	0.49
SGER	1	1100	15.58	548.38	4.68	9.49	0.49
SGER	1	1050	15.58	547.21	5.43	14.22	0.38
SGER	1	1000	15.58	545.91	4.35	6.77	0.64
SGER	1	949.9999	15.58	544.3	4.49	11.04	0.41
SGER	2	899.9999	35.99	543.17	9.49	11.83	0.8
SGER	2	850	35.99	541.87	8.05	9.31	0.86
SGER	2	800	35.99	540.78	8.34	9.66	0.86
SGER	2	750	35.99	540.9	17.6	14.09	1.25

Río	Tramo	Estación	Q (m3/s)	W.S. Elevación (m)	Área del Flujo (m^2)	Ancho superior (m)	Tirante (m)
SGER	2	700	35.99	540.23	10.14	8.13	1.25
SGER	2	650	35.99	538.06	7.51	14	0.54
SGER	2	600	35.99	535.72	6.89	11.19	0.62
SGER	2	550	35.99	532.72	6.01	8.59	0.7
SGER	2	500	35.99	531.27	7.18	10.9	0.66
SGER	2	450	35.99	530.22	10.11	19.15	0.53
SGER	2	400	35.99	530.42	27.96	20.62	1.36
SGER	2	350	35.99	529.96	13.61	12.47	1.09
SGER	2	300	35.99	529.09	9.12	7.24	1.26
SGER	2	250	35.99	528.38	14.26	8.82	1.62
SGER	2	200	35.99	528.01	12.14	14.14	0.86
SGER	2	150	35.99	527.53	14.97	27.85	0.54
SGER	2	100	35.99	526.53	10.02	11.89	0.84
SGER	2	50	35.99	524.81	10.33	25.9	0.4

Para el arroyo Santa Gertrudis, el peligro por inundación afecta la zona norte de la ciudad de Colima, desde la Av. Venustiano Carranza hasta la Colonia Residencial de Santa Bárbara. En la Figura 5.217 se muestra el Riesgo por inundación para un periodo de retorno de dos años y en la Figura 5.218 el Riesgo para un periodo de 5 años. Se puede ver que afecta un porcentaje mínimo de viviendas cercanas a la Av. V. Carranza, donde termina el arroyo Santa Gertrudis y se une con el río Colima. Los resultados de los periodos de retorno 5, 50 y 100 años son mostrados en el Anexo D.

Figura 5.217.- Mapa de Riesgo por Inundación para el arroyo Santa Gertrudis para un periodo de retorno de 2 años.

Figura 5.218.- Mapa de Riesgo por Inundación para el arroyo Santa Gertrudis para un periodo de retorno de 5 años.

Arroyo Manrique

Los resultados obtenidos con el programa HEC-RAS, para el arroyo Manrique son mostrados en la Tabla 5.123, se muestran el tirante (m), la elevación de la superficie del agua (W. S. Elevación m), el área de flujo (m^2) y el ancho superior del tirante (m). Estos resultados son para una avenida de diseño con Q= 20.88 m^3/s, para un periodo de retorno de 2 años.

Tabla 5.123.- Resultados para el arroyo Manrique para una avenida de diseño de Q=20.88 m^3/s, para un periodo de retorno de 2 años.

Estación	W.S. Elevación (m)	Área del Flujo (m^2)	Ancho superior (m)	Tirante (m)
12244.47	669.99	13.31	40.48	0.33
12194.47	668.18	5.5	8.61	0.64
12144.47	666.02	5.33	10.79	0.49
12094.47	664.57	5.61	9.24	0.61
12044.47	663	13.68	12.45	1.1
11994.47	662.62	8.98	12.12	0.74

Estación	W.S. Elevación (m)	Área del Flujo (m^2)	Ancho superior (m)	Tirante (m)
6844.469	543.57	41.47	43.8	0.95
6794.469	542.73	14.86	16.17	0.92
6744.469	541.5	40.61	37.13	1.09
6694.469	541.34	31.56	25.78	1.22
6644.469	540.35	13.09	12.5	1.05
6594.469	537.7	9.1	25.78	0.35

Estación	W.S. Elevación (m)	Área del Flujo (m^2)	Ancho superior (m)	Tirante (m)
1535.82	438.24	11.89	10.3	1.15
1490.32	437.51	11.23	10.65	1.06
1444.824	436.99	12.2	9.76	1.25
1394.82	435.12	8.29	10.53	0.79
1344.824	434.91	25.73	18.62	1.38
1294.824	433.66	11.26	11	1.02

11944.47	661.28	6.95	22.99	0.3
11894.47	660.12	6.33	25.66	0.25
11844.47	658.42	10.64	52.97	0.2
11794.47	657.4	9.49	24.53	0.39
11744.47	655.53	5.14	8.25	0.62
11694.47	654.78	8.75	27.75	0.32
11644.47	653.39	6.33	12.17	0.52
11594.47	652.52	9.37	39.89	0.23
11544.47	649.4	4.61	9.42	0.49
11494.47	648.18	5.1	7.78	0.66
11444.47	648	7.23	9.85	0.73
11394.47	646.26	6.44	23.57	0.27
11344.47	645.27	6.23	9.67	0.64
11294.47	643.71	5.84	14.98	0.39
11244.47	642.23	6.79	17.5	0.39
11194.47	640.29	4.93	12.05	0.41
11144.47	639.33	5.93	15.34	0.39
11094.47	637.92	6.42	17.34	0.37
11044.47	637.17	8.19	16.8	0.49
10994.47	635.56	5.51	11.02	0.5
10944.47	634.12	6.97	23.51	0.3
10894.47	633.02	7.62	16.53	0.46
10844.47	629.12	3.48	5.94	0.59
10794.47	627.97	19.91	17.1	1.16
10744.47	627.6	9.35	11.17	0.84
10694.47	627.2	8.59	12.19	0.7
10644.47	625.93	7.36	23.3	0.32
10594.47	624.97	5.6	26.55	0.21
10544.47	623.28	5.32	11.57	0.46
10494.47	622.71	7.72	15.19	0.51
10444.47	621.98	9.6	38.5	0.25
10394.47	620.47	8.73	25.92	0.34
10344.47	618.27	4.72	6.9	0.68
10294.47	618.45	12.59	24.69	0.51
10244.47	616.5	5.57	12.1	0.46
10194.47	615.61	6.7	11.44	0.59
10144.47	615.2	8.49	11.09	0.77

6544.469	537.76	26.95	23.7	1.14
6494.469	535.61	10.33	30.41	0.34
6444.469	535.41	25.08	32.02	0.78
6394.469	533.79	12.69	24.02	0.53
6344.469	533.46	15.99	22.68	0.7
6294.469	532.18	14.1	28.57	0.49
6244.469	531.8	35	41.51	0.84
6194.469	531.41	22.33	12.5	1.79
6144.469	531.46	59.75	26.74	2.23
6094.469	531.41	67.54	20.71	3.26
6044.469	530.92	16	18.71	0.86
5994.469	526.66	7.65	13.2	0.58
5944.469	525.62	11.75	23.39	0.5
5894.469	523.77	8.48	9.78	0.87
5844.469	522.1	8.04	8.85	0.91
5794.469	522.01	19.51	13	1.5
5744.469	521.59	16.39	13.71	1.2
5694.469	520.47	26.85	18.6	1.44
5644.469	518.08	8.02	7.12	1.13
5594.469	517.49	9.29	12.81	0.72
5544.469	515.6	8.52	10.89	0.78
5494.469	515.81	14.29	11.98	1.19
5444.469	512.9	7.59	9.24	0.82
5394.469	512.61	10.9	10.22	1.07
5344.469	512.08	26.92	17.12	1.57
5294.469	512	31.08	17.97	1.73
5244.469	511.92	30.34	27.73	1.09
5194.469	511.47	15.96	19.91	0.8
5144.469	508.11	8.84	17.71	0.5
5094.47	506.43	54.43	46.91	1.16
5044.47	506.41	64.89	42.54	1.53
4994.469	505.8	14.5	14.7	0.99
4944.469	502.13	8.25	25.96	0.32
4894.469	500.77	12.69	21.92	0.58
4844.47	500.14	38.66	31.54	1.23
4794.469	499.47	13.82	12.69	1.09
4744.469	497.7	10.05	14.92	0.67

1244.824	433.49	13.97	10.91	1.28
1194.824	431.6	8.89	10.75	0.83
1144.824	431.85	21.7	23.98	0.91
1094.824	429.95	9.06	11.55	0.78
1044.824	429.5	10.97	11.34	0.97
994.8237	428.1	9.93	16.17	0.61
944.8237	428.05	24.32	26.65	0.91
894.8238	427.27	13.99	13.07	1.07
844.8239	425.73	10.27	12.91	0.8
794.8238	424.77	12.53	21.83	0.57
744.8237	424.84	41.46	23.3	1.78
694.8237	424.11	13.91	11.26	1.23
644.8237	421.99	10.14	25.45	0.4
594.8238	421.88	24.87	40.13	0.62
544.7334	421.62	34.38	50	0.69
496.9185	420.77	14.78	18.88	0.78
451.3152	419.86	18.91	15.27	1.24
400	419.27	34.97	39.35	0.89
350	417.74	12.59	29.52	0.43
300	417.15	16.48	28.94	0.57
250	417.26	76.86	49.21	1.56
200	416.31	14.29	15.31	0.93
149.9999	414.67	10.85	48.06	0.23
99.99998	414.76	29.49	20.17	1.46
49.99998	414.75	43.94	26.35	1.67

10094.47	614.56	12.31	62.24	0.2
10044.47	613.87	33.54	66.59	0.5
9994.47	612.36	7.11	14.06	0.51
9944.47	611.74	12.5	15.64	0.8
9894.47	608.88	4.18	10.02	0.42
9844.47	608.14	6.48	15.23	0.43
9794.47	607.42	8.43	40.48	0.21
9744.47	606.69	10.33	26.83	0.39
9694.47	605.42	36.02	57.67	0.62
9644.469	604.43	7.68	10.7	0.72
9594.469	602.51	5.32	10	0.53
9544.47	601.65	6.7	22.45	0.3
9494.47	600.09	6.02	11.86	0.51
9444.47	598.72	5.73	15.02	0.38
9394.47	598.25	20.33	31.29	0.65
9344.47	596.41	5.78	10.45	0.55
9294.47	595.04	5.33	7.71	0.69
9244.47	593.9	5.96	11.07	0.54
9194.47	592.67	7.76	20.74	0.37
9144.47	591.44	18.92	44.98	0.42
9094.47	590.56	8.85	15.07	0.59
9044.47	589.52	15.68	25.12	0.62
8994.469	588.07	8.28	24.07	0.34
8944.47	587.04	23.25	31.63	0.73
8894.47	584.61	5.08	8.77	0.58
8844.469	583.69	5.99	8.13	0.74
8794.47	583.26	9.11	9.5	0.96
8744.47	582.31	6	8.58	0.7
8694.47	580.66	4.85	9.46	0.51
8644.47	580.18	12.51	8.04	1.56
8594.585	579.58	6.79	6.48	1.05
8544.469	578.94	28.63	22.27	1.29
8494.46	578.29	23.88	19.3	1.24
8444.47	577.32	16.44	14.9	1.1
8394.47	576.43	12.77	17.97	0.71
8344.47	574.67	9.61	14.8	0.65
8294.47	573.59	27.01	30.61	0.88

4694.469	495.72	9.85	19.69	0.5
4644.469	495	26.04	35.5	0.73
4594.47	494.23	32.31	31.82	1.02
4544.47	493.61	17.06	13.61	1.25
4494.469	492.65	11.24	9.02	1.25
4444.469	491.95	31.27	25.16	1.24
4394.469	491.41	16.05	17.28	0.93
4344.469	490.93	34.06	50.27	0.68
4294.469	490.35	18.97	19.66	0.97
4244.469	488.54	10.01	13.13	0.76
4194.47	487.42	9.68	9.3	1.04
4144.469	485.32	7.37	9.38	0.79
4094.469	485.42	14.56	13.04	1.12
4044.469	484.88	22.58	14.16	1.59
3994.469	484.15	13.85	10.45	1.33
3944.469	481.53	7.77	11.39	0.68
3894.469	481.54	26.33	18.58	1.42
3844.469	481.58	46.01	21.43	2.15
3794.469	480.99	14.01	15.29	0.92
3744.469	479.27	41.92	21	2
3694.469	478.62	13.39	12.65	1.06
3644.469	474.9	7.16	12.41	0.58
3594.469	475.98	38.66	20.83	1.86
3544.469	475.63	19.82	19.41	1.02
3494.46	474.71	16.53	16.77	0.99
3444.46	473.03	9.39	8.72	1.08
3394.46	471.49	8.19	7.07	1.16
3344.46	469.93	7.89	7.31	1.08
3294.469	470.36	20.7	7.86	2.63
3244.469	469.67	12.08	8.38	1.44
3194.469	469.02	11.16	8.74	1.28
3144.469	468.5	21.16	11.48	1.84
3094.469	468.21	17.67	11.93	1.48
3044.46	466.19	9.14	12.53	0.73
2994.46	465.07	9.7	13.19	0.74
2944.46	463.87	9.31	12.51	0.74
2894.46	462.68	9.03	10.54	0.86

8244.47	572.1	13	23.02	0.56
8194.47	571.11	14.52	27.08	0.54
8144.469	570.73	31.39	34.85	0.9
8094.469	569.89	15.35	17.23	0.89
8044.469	567.8	9.09	16.38	0.55
7994.469	565.9	9.17	10.34	0.89
7944.469	565.67	49.61	49.08	1.01
7894.469	564.53	12.69	15.56	0.82
7844.469	562.84	10.41	16.15	0.64
7794.469	562.16	14.08	20.61	0.68
7744.469	561.39	14.32	21.54	0.66
7694.469	559.88	11.84	22.56	0.53
7644.469	559.07	23.24	27.81	0.84
7594.469	558.44	14.3	14.87	0.96
7544.469	556.72	9.51	22.81	0.42
7494.469	556.15	16.51	30.88	0.53
7444.469	554.7	14.23	30.82	0.46
7394.469	554.22	25.81	37.08	0.7
7344.469	553.69	20.05	32.57	0.62
7294.469	552.68	17.15	38.36	0.45
7244.469	551.14	13.39	28.4	0.47
7194.469	549.78	17.06	57.49	0.3
7144.469	548.78	17.42	40.57	0.43
7094.469	547.92	17.38	37.33	0.47
7044.469	546.96	18.14	41.41	0.44
6994.469	545.95	17.05	20.99	0.81
6944.469	544.63	12.58	20.02	0.63
6894.469	544.15	13.98	18.59	0.75

2844.469	461.6	8.14	6.63	1.23
2794.824	460.8	8.87	10.66	0.83
2744.824	460.65	16.18	19.38	0.84
2694.82	458.58	9.49	16.84	0.56
2644.82	456.46	9.63	19.65	0.49
2594.824	455.15	10.58	11.63	0.91
2544.824	453.93	9.98	11.25	0.89
2494.824	453.6	11.97	9.68	1.24
2444.824	452.85	17.15	10.9	1.57
2394.824	452.17	13.57	17.81	0.76
2344.824	450.9	10.98	16.16	0.68
2294.824	450.78	15.57	19.34	0.8
2244.824	448.68	10.57	17.29	0.61
2194.824	448.11	34.63	35.37	0.98
2144.824	447.61	16.91	22.56	0.75
2094.824	446.17	11.66	15.57	0.75
2044.824	445.36	12.92	11.46	1.13
1994.824	444.96	19.56	17.23	1.14
1944.824	443.74	11.07	10.58	1.05
1899.82	443.3	13.03	11.03	1.18
1854.32	442.67	12.55	10.93	1.15
1808.82	442.13	13.17	11.17	1.18
1763.32	441.5	12.94	11.06	1.17
1717.82	440.85	12.56	11	1.14
1672.32	440.19	12.17	10.83	1.12
1626.82	439.67	13.05	12.87	1.01
1581.32	438.93	12.27	10.87	1.13
1535.82	438.24	11.89	10.3	1.15

El arroyo Manrique al desbordase afecta la zona centro y una parte de la zona sur de la ciudad de Colima. En la Figura 5.219 y Figura 5.220 se muestra el riesgo por inundación para un periodo de retorno de dos años 5 años. Los resultados de los periodos de retorno 20, 50 y 100 años son mostrados en el Anexo D.

Figura 5.219.- Mapa de Riesgo por Inundación para el arroyo Manrique para un periodo de retorno de 2 años.

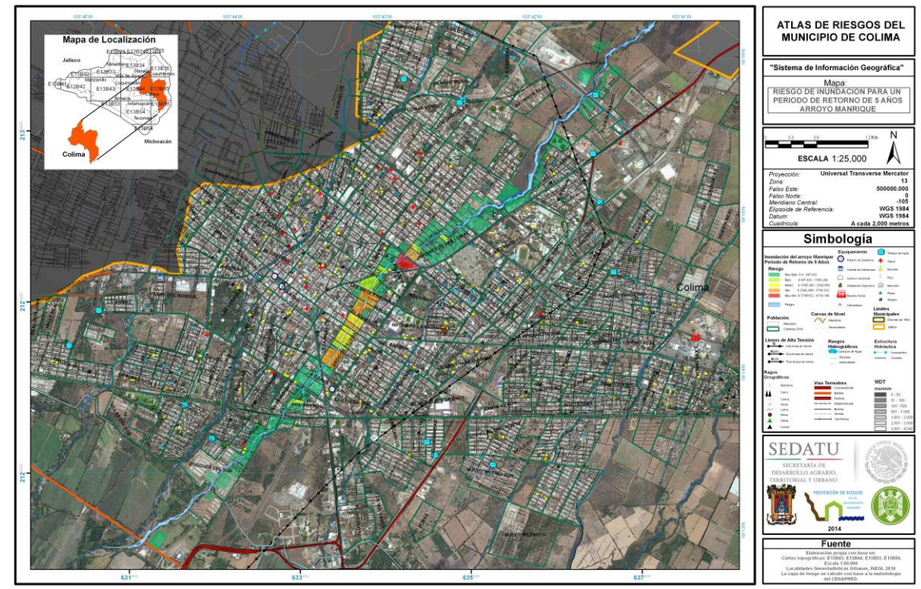


Figura 5.220.- Mapa de Riesgo por Inundación para el arroyo Manrique para un periodo de retorno de 5 años.

Río Colima

Los resultados obtenidos con el programa HEC-RAS, para río Colima en la zona urbana de Colima para un periodo de retorno de 2 años son mostrados en la Tabla 5.124, se muestran el tirante (m), la elevación de la superficie del agua (W. S. Elevación m), el área de flujo (m^2) y el ancho superior del tirante (m).

Tabla 5.124.- Resultados de inundación con el programa HEC-RAS, para el río Colima, mostrado en secciones a cada 50 m, Tr=2años.

Estación	W.S. Elevación (m)	Área del Flujo (m^2)	Ancho superior (m)	Tirante (m)
5700	512.05	23.36	17.14	1.36
5650	510.09	22.63	31.93	0.71
5600	510.06	39.13	32.87	1.19
5550	509.88	50.69	30.99	1.64
5500	509.18	29.36	23.67	1.24
5450	507.65	25.6	18.02	1.42

Estación	W.S. Elevación (m)	Área del Flujo (m^2)	Ancho superior (m)	Tirante (m)
3650	472.94	32.62	23.4	1.39
3600	472.45	37.38	34.07	1.1
3550	471.42	26.28	20.37	1.29
3500	469.54	24.64	29.51	0.83
3450	468.82	38.78	39.77	0.97
3400	467.82	28.24	20.98	1.35

Estación	W.S. Elevación (m)	Área del Flujo (m^2)	Ancho superior (m)	Tirante (m)
1650	438.07	38.76	69.86	0.55
1600	436.88	49.66	42.7	1.16
1550	436.47	39.31	32.81	1.2
1500	435.88	35.81	56.12	0.64
1450	435.24	65.36	70.9	0.92
1400	434.44	34.88	38.49	0.91

5400	506.06	22.99	20.13	1.14
5350	505.33	25.01	19.08	1.31
5300	504.7	38.73	27.94	1.39
5250	503.23	23.32	22.18	1.05
5200	501.21	20.6	21.39	0.96
5150	500.68	27.06	23.94	1.13
5100	499.61	24.66	21.79	1.13
5050	498.99	26.25	16.92	1.55
5000	497.8	28.38	26.99	1.05
4950	497.34	37.46	27.75	1.35
4900	496.64	29.83	24.85	1.2
4850	495.71	27.07	18.67	1.45
4800	494.86	29.03	19.78	1.47
4750	494.12	26.6	18.48	1.44
4600	491.64	28.35	22.97	1.23
4550	490.49	26.56	23.5	1.13
4500	490.33	59.33	42.3	1.4
4450	489	31.54	19.49	1.62
4400	487.21	20.39	21.2	0.96
4350	487.52	64.9	33.22	1.95
4300	487.31	49.06	31.75	1.55
4250	486.23	37.21	14.71	2.53
4200	484.47	19.58	15.16	1.29
4150	483.46	21.49	12.78	1.68
4100	483.15	28.3	22.28	1.27
4050	479.01	17.01	19.89	0.86
4000	479.21	28.56	19.07	1.5
3950	478.37	24.44	13.62	1.79
3900	478.36	49.1	29.24	1.68
3850	475.69	17.77	12.38	1.44
3800	474.51	20.16	16.59	1.21
3750	474.51	38.42	21.82	1.76
3700	473.79	27.61	19.85	1.39

3350	466.34	26.89	21.28	1.26
3300	466.12	49.79	34.91	1.43
3250	463.93	19.77	15.15	1.3
3200	463.82	27.05	20.69	1.31
3150	462.52	24.12	22.53	1.07
3100	461.5	28.14	31.8	0.88
3050	460.86	31.1	29.17	1.07
3000	459.95	30.48	26.51	1.15
2950	459.29	42.49	34.93	1.22
2900	458.56	30.42	26.76	1.14
2850	457.79	30.16	24.61	1.23
2800	456.84	31.96	22.05	1.45
2750	456.24	30	26	1.15
2700	455.33	28.31	22.7	1.25
2650	454.38	28.23	22.83	1.24
2600	453.47	34.2	47.43	0.72
2550	453.17	94.34	83.22	1.13
2500	452.11	32.72	31.77	1.03
2450	451	28.49	39.49	0.72
2400	449.92	26.76	37.29	0.72
2350	449.72	68.41	74.82	0.91
2300	448.69	42.12	47.86	0.88
2250	447.98	36.46	49.02	0.74
2150	446.09	35.97	46.39	0.78
2100	445.47	39.54	40.09	0.99
2050	444.58	36.24	40.48	0.9
2000	443.82	37.05	58.76	0.63
1950	442.97	38.36	54.6	0.7
1900	442.02	39.84	87.36	0.46
1850	441.37	41.64	69.07	0.6
1800	440.67	43.04	68.12	0.63
1750	439.73	39.5	61.58	0.64
1700	438.7	47.57	44.03	1.08

1350	432.95	46.37	42.57	1.09
1300	432.75	56.12	40.41	1.39
1250	432.15	34.49	36.76	0.94
1200	430.77	26.84	28.05	0.96
1150	430.26	33.71	34.48	0.98
1100	429.29	33.54	41.83	0.8
1050	427.73	30.1	43	0.7
1000	427.4	41.86	51.7	0.81
950	426.86	43.61	57.33	0.76
900	426.44	56.24	69.73	0.81
850	425.84	41.31	55.55	0.74
800	425.13	41.14	53.71	0.77
750	424.44	45.2	55.35	0.82
700	423.69	47.06	36.35	1.29
650	423.52	51.58	32.2	1.6
600	422.3	29.7	32.77	0.91
550	421.34	30.66	36.29	0.84
500	420.76	35.57	42.68	0.83
450	419.43	27.85	52.44	0.53
400	419.01	38.78	51.18	0.76
350	418.13	34.32	46.85	0.73
300	417.29	39.39	48.49	0.81
250	416.68	43.87	52.44	0.84
200	416	39.83	57.59	0.69
150	415.31	44.66	36.83	1.21
100	414.71	35.79	37.51	0.95
50	413.98	36.72	48.33	0.76
0	412.42	33.12	59.75	0.55

El río Colima cuando se desborda afecta la zona centro y una parte de la zona sur de la ciudad de Colima. En la Figura 5.221 se muestra el riesgo por inundación para un periodo de retorno de dos años y en la Figura 5.222 el riesgo para un periodo de 5 años. Los resultados de los periodos de retorno 5, 20, 50 y 100 años son mostrados en el Anexo D.

Figura 5.221.- Mapa de Riesgo por Inundación para el río Colima para un periodo de retorno de 2 años.

Figura 5.222.- Mapa de Riesgo por Inundación para el río Colima para un periodo de retorno de 5 años.

Arroyo Jazmín

Los resultados obtenidos con el programa HEC-RAS, para arroyo Jazmín en la zona urbana de Colima para un periodo de retorno de 2 años son mostrados en la Tabla 5.125, se muestran el tirante (m), la elevación de la superficie del agua (W. S. Elevación m), el área de flujo (m^2) y el ancho superior del tirante (m).

Tabla 5.125.- Resultados de inundación con el programa HEC-RAS, para el arroyo Jazmín, mostrado en secciones a cada 50 m, Tr=2años.

River Sta	Q Total	W.S. Elevación (m)	Área del Flujo (m^2)	Ancho superior (m)	Tirante (m)
	(m3/s)	(m)	(m2)	(m)	(m)
9000	28.35	637.61	67.76	93.93	0.72
8950	28.35	636.53	68.79	100.81	0.68
8900	28.35	635.39	70.12	110.65	0.63
8850	28.35	634.17	79.07	122.35	0.65
8800	28.35	633.11	82.52	124.55	0.66
8750	28.35	632.09	80.51	129.85	0.62

River Sta	Q Total	W.S. Elevación (m)	Área del Flujo (m^2)	Ancho superior (m)	Tirante (m)
5150	28.35	559.3	27.17	16.26	1.67
5100	28.35	557.33	41.69	29.69	1.4
5050	28.35	556.21	59.64	55.5	1.07
5000	28.35	555.39	54.46	40.65	1.34
4950	28.35	554.44	42.94	27.29	1.57
4900	28.35	553.25	35.29	20.94	1.69

River Sta	Q Total	W.S. Elevación (m)	Área del Flujo (m^2)	Ancho superior (m)	Tirante (m)
1250	28.35	482.38	40.29	16.96	2.38
1200	28.35	481.9	68.03	27.26	2.5
1150	28.35	481.36	43.25	19.26	2.25
1100	28.35	480.79	66.13	28.12	2.35
1050	28.35	480.4	46.47	17.06	2.72
1000	28.35	479.66	36.4	15.26	2.39

8700	28.35	631.08	80.34	132.16	0.61
8650	28.35	630	91.97	160.04	0.57
8600	28.35	629.01	82.67	144.93	0.57
8550	28.35	627.93	81.35	144.49	0.56
8500	28.35	626.79	78.39	139.6	0.56
8450	28.35	625.64	75.83	127.47	0.59
8400	28.35	624.48	77.21	127.82	0.6
8350	28.35	623.35	76.72	120.58	0.64
8300	28.35	622.4	83.14	124.69	0.67
8250	28.35	621.55	84.24	124.03	0.68
8200	28.35	620.79	82.79	116.01	0.71
8150	28.35	620.04	76.55	100.25	0.76
8100	28.35	619.3	76.55	84.06	0.91
8050	28.35	618.55	59.37	71.46	0.83
8000	28.35	617.35	55	65.35	0.84
7950	28.35	616.02	58.81	67.17	0.88
7900	28.35	614.66	52.85	79.94	0.66
7850	28.35	612.73	62.1	88.39	0.7
7800	28.35	611.37	78.7	108.46	0.73
7750	28.35	610.57	90.34	141.16	0.64
7700	28.35	609.81	79.41	122.44	0.65
7650	28.35	608.7	73.36	133.76	0.55
7600	28.35	607.23	66.92	115.45	0.58
7550	28.35	605.79	74.51	115.46	0.65
7500	28.35	604.62	63.35	113.21	0.56
7450	28.35	602.88	70.8	94.68	0.75
7400	28.35	602.13	95.77	114.54	0.84
7350	28.35	601.71	110.96	141.91	0.78
7300	28.35	601.29	106.5	146.61	0.73
7250	28.35	600.84	105.46	138.17	0.76
7200	28.35	600.43	106.94	130.33	0.82
7150	28.35	600.08	110.4	124.74	0.89
7100	28.35	599.8	117.93	119.24	0.99
7050	28.35	599.53	105.78	112.11	0.94
7000	28.35	599.14	81.73	94.53	0.86
6950	28.35	598.55	73.78	79.45	0.93
6900	28.35	597.85	68.3	75.73	0.9

4850	28.35	552.16	51.88	25.83	2.01
4800	28.35	551.38	39.59	22.62	1.75
4750	28.35	550.16	33.83	18.5	1.83
4700	28.35	548.87	44.2	24.27	1.82
4650	28.35	548.12	60.66	46.16	1.31
4600	28.35	547.43	41.98	25.04	1.68
4550	28.35	546.4	46.27	24.93	1.86
4500	28.35	545.6	48.19	28.97	1.66
4450	28.35	544.53	33.4	21.8	1.53
4400	28.35	542.89	46.21	37.84	1.22
4350	28.35	541.77	63.4	64.64	0.98
4300	28.35	540.88	59.85	48.99	1.22
4250	28.35	539.93	50.64	41.95	1.21
4200	28.35	538.92	56.48	45.59	1.24
4150	28.35	538.14	64.74	51.29	1.26
4100	28.35	537.4	53.15	38.99	1.36
4050	28.35	536.42	45.1	33.23	1.36
4000	28.35	535.52	71.64	49.1	1.46
3950	28.35	534.81	42.06	34.45	1.22
3900	28.35	533.74	64.93	39.14	1.66
3850	28.35	533.11	40.3	22.17	1.82
3800	28.35	531.54	30.68	15.93	1.93
3750	28.35	529.04	30.44	18.6	1.64
3700	28.35	526.89	31.77	20.71	1.53
3650	28.35	525.6	58.4	26.83	2.18
3600	28.35	525.24	83.2	44.67	1.86
3550	28.35	524.89	57.57	22.29	2.58
3500	28.35	524.63	88.89	45.38	1.96
3450	28.35	524.35	70.86	48.08	1.47
3400	28.35	523.72	53.16	42.41	1.25
3350	28.35	522.74	52.57	44.02	1.19
3300	28.35	521.79	57.03	41.6	1.37
3250	28.35	520.98	51.56	38.26	1.35
3200	28.35	520.04	53.39	40.88	1.31
3150	28.35	519.14	53.09	42.28	1.26
3100	28.35	518.35	62.88	46.6	1.35
3050	28.35	517.51	42.81	33.35	1.28

950	28.35	478.82	50.24	30.86	1.63
900	28.35	478.24	60.93	29.02	2.1
850	28.35	477.94	75.95	42.17	1.8
800	28.35	477.54	60.32	38.27	1.58
750	28.35	476.32	23.56	22.93	1.03
700	28.35	472.91	68.16	26.72	2.55
650	28.35	472.51	48.49	23.3	2.08
600	28.35	471.82	42.09	19.54	2.15
550	28.35	471	42.16	20	2.11
500	28.35	470.15	43.88	25.01	1.75
450	28.35	469.3	48.62	27.13	1.79
400	28.35	468.31	38.76	26.09	1.49
350	28.35	467.59	67.31	38.34	1.76
300	28.35	466.97	50.52	40.63	1.24
250	28.35	465.93	51.12	42.75	1.2
200	28.35	464.92	81.94	65.44	1.25
150	28.35	464.43	86.81	71.77	1.21
100	28.35	463.73	76.37	120.36	0.63
50	28.35	462.12	53.3	45.01	1.18

6850	28.35	596.96	60.18	73.26	0.82
6800	28.35	595.79	59.19	74.69	0.79
6750	28.35	594.39	53.87	81.09	0.66
6700	28.35	592.57	65.29	87.01	0.75
6650	28.35	591.5	72.77	98.61	0.74
6600	28.35	590.53	72.08	111.76	0.64
6550	28.35	589.45	78.22	116.08	0.67
6500	28.35	588.53	83.53	123.54	0.68
6450	28.35	587.72	84.7	119.11	0.71
6400	28.35	586.82	79.55	121.5	0.65
6350	28.35	585.84	78.95	124.21	0.64
6300	28.35	584.79	76.03	120.44	0.63
6250	28.35	583.67	74.7	108.75	0.69
6200	28.35	582.81	88.04	117.94	0.75
6150	28.35	582.28	116.19	154.03	0.75
6100	28.35	580.66	53.42	96.78	0.55
6050	28.35	576.75	43.07	43.72	0.99
6000	28.35	575.09	62.18	67.37	0.92
5950	28.35	574.08	48.74	37.74	1.29
5900	28.35	573.05	50.59	36.45	1.39
5850	28.35	572.24	62.48	48.44	1.29
5800	28.35	571.33	40.11	36.08	1.11
5750	28.35	569.7	47.8	29.76	1.61
5700	28.35	568.94	54.01	41.74	1.29
5650	28.35	568.09	57.59	49.96	1.15
5600	28.35	567.18	42.91	31.9	1.34
5550	28.35	565.8	42.06	31.25	1.35
5500	28.35	564.82	70.91	42.33	1.67
5450	28.35	564.23	47.84	32.82	1.46
5400	28.35	563.22	48.02	30.7	1.56
5350	28.35	562.47	49.59	22.54	2.2
5300	28.35	561.76	42.48	24.92	1.7
5250	28.35	560.79	45.01	39.64	1.14
5200	28.35	560.08	93.39	55.81	1.67

3000	28.35	516.2	63.57	62.31	1.02
2950	28.35	515.02	50.37	46.81	1.08
2900	28.35	513.53	54.38	48.85	1.11
2850	28.35	512.55	68.04	78.61	0.87
2800	28.35	511.59	61.96	68.82	0.9
2750	28.35	510.79	55.49	51.88	1.07
2700	28.35	509.85	48.13	37.84	1.27
2650	28.35	508.62	63.64	54.62	1.17
2600	28.35	507.7	60.97	60.08	1.01
2550	28.35	506.64	69.56	60.5	1.15
2500	28.35	505.71	63.19	40.88	1.55
2450	28.35	504.74	39.06	19.65	1.99
2400	28.35	503.67	40.8	17.06	2.39
2350	28.35	502.39	43.62	38.57	1.13
2300	28.35	500.97	37.2	20.83	1.79
2250	28.35	500.03	53.46	25.21	2.12
2200	28.35	499.08	32.55	17.53	1.86
2150	28.35	497.81	51.77	33.11	1.56
2100	28.35	496.97	52.75	43.11	1.22
2050	28.35	496.02	51.96	46.51	1.12
2000	28.35	494.96	48.6	39.86	1.22
1950	28.35	493.73	47.57	41.65	1.14
1900	28.35	492.32	49.32	54.93	0.9
1850	28.35	491.16	77.97	56.41	1.38
1800	28.35	490.95	78.72	27.63	2.85
1750	28.35	490.7	50.59	16.49	3.07
1700	28.35	489.92	30.6	12.77	2.4
1650	28.35	489.12	56.32	21.81	2.58
1600	28.35	488.69	47.69	18.31	2.6
1550	28.35	488.11	45.04	19.79	2.28
1500	28.35	487.46	44.93	19.43	2.31
1450	28.35	486.87	45.87	18.04	2.54
1400	28.35	486.4	55.86	21.46	2.6
1350	28.35	485.53	28.75	16.17	1.78
1300	28.35	483.53	33.55	18.18	1.85

El arroyo el Jazmín si tuviera desbordamientos afectaría la zona noreste de la ciudad de Colima. En la Figura 5.223 y Figura 5.224 se muestra el riesgo por inundación para un periodo de retorno de dos años y 5 años. Los resultados de los periodos de retorno 20, 50 y 100 años son mostrados en el Anexo D.

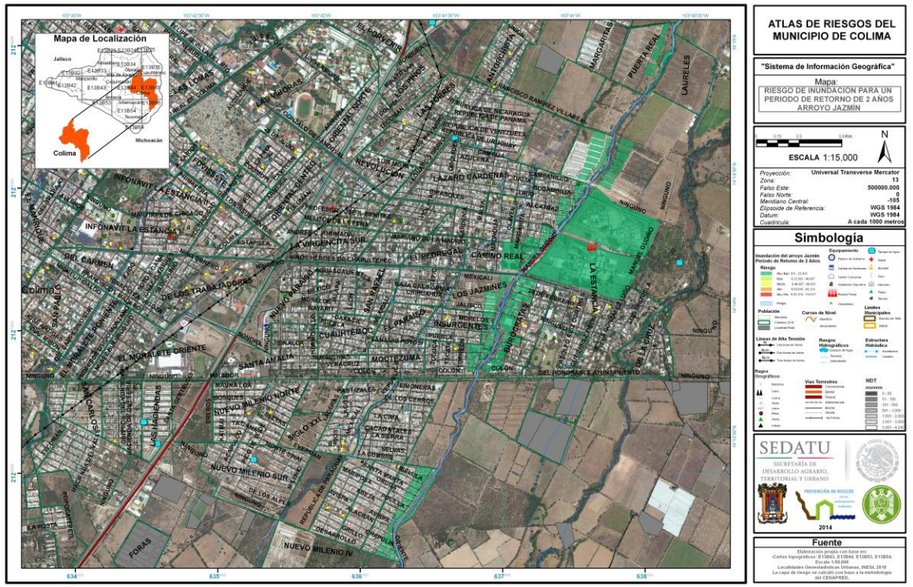


Figura 5.223.- Riesgo por inundación para un periodo de retorno de 2 años, para el arroyo El Jazmín.

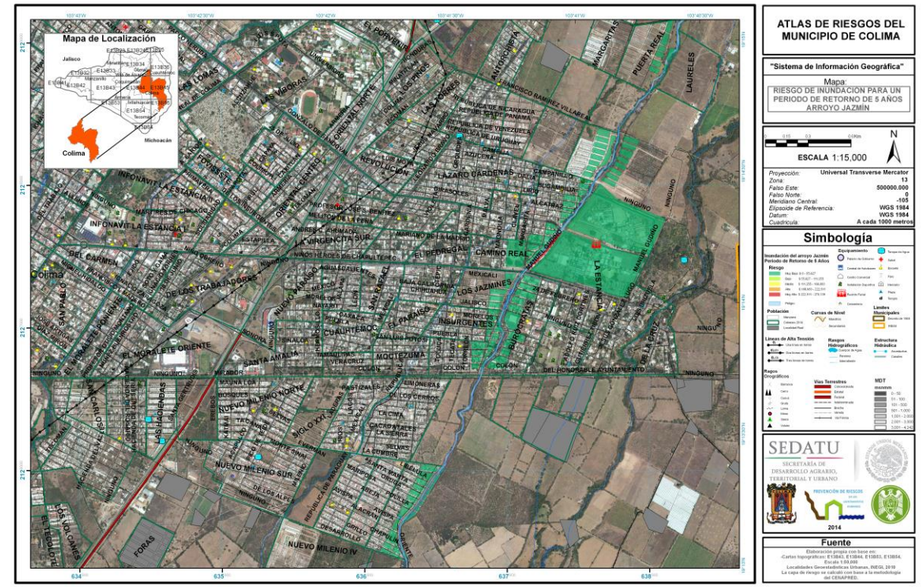


Figura 5.224.- Riesgo por inundación para un periodo de retorno de 5 años, para el arroyo El Jazmín.

Arroyo Las Grullas

Los resultados obtenidos con el programa HEC-RAS, para el arroyo las Grullas en la zona urbana de Colima para un periodo de retorno de 5 años con una avenida de diseño Q= 28.35 m^3/s son mostrados en la Tabla 5.126, se muestran el tirante (m), la elevación de la superficie del agua (W. S. Elevación m), el área de flujo (m^2) y el ancho superior del tirante (m).

Tabla 5.126.- Resultados para una avenida de diseño Q= 28.35 m^3/s para un periodo de retorno de 5 años.

Estación	Q (m^3/s)	W.S. Elevación (m)	Área del Flujo (m^2)	Ancho superior (m)	Tirante (m)
9000	28.35	637.61	67.76	93.93	0.72
8950	28.35	636.53	68.79	100.81	0.68
8900	28.35	635.39	70.12	110.65	0.63
8850	28.35	634.17	79.07	122.35	0.65

Estación	Q (m^3/s)	W.S. Elevación (m)	Área del Flujo (m^2)	Ancho superior (m)	Tirante (m)
5450	28.35	564.23	47.84	32.82	1.46
5400	28.35	563.22	48.02	30.7	1.56
5350	28.35	562.47	49.59	22.54	2.2
5300	28.35	561.76	42.48	24.92	1.7

Estación	Q (m^3/s)	W.S. Elevación (m)	Área del Flujo (m^2)	Ancho superior (m)	Tirante (m)
1900	28.35	492.32	49.32	54.93	0.9
1850	28.35	491.16	77.97	56.41	1.38
1800	28.35	490.95	78.72	27.63	2.85
1750	28.35	490.7	50.59	16.49	3.07

8800	28.35	633.11	82.52	124.55	0.66
8750	28.35	632.09	80.51	129.85	0.62
8700	28.35	631.08	80.34	132.16	0.61
8650	28.35	630	91.97	160.04	0.57
8600	28.35	629.01	82.67	144.93	0.57
8550	28.35	627.93	81.35	144.49	0.56
8500	28.35	626.79	78.39	139.6	0.56
8450	28.35	625.64	75.83	127.47	0.59
8400	28.35	624.48	77.21	127.82	0.6
8350	28.35	623.35	76.72	120.58	0.64
8300	28.35	622.4	83.14	124.69	0.67
8250	28.35	621.55	84.24	124.03	0.68
8200	28.35	620.79	82.79	116.01	0.71
8150	28.35	620.04	76.55	100.25	0.76
8100	28.35	619.3	76.55	84.06	0.91
8050	28.35	618.55	59.37	71.46	0.83
8000	28.35	617.35	55	65.35	0.84
7950	28.35	616.02	58.81	67.17	0.88
7900	28.35	614.66	52.85	79.94	0.66
7850	28.35	612.73	62.1	88.39	0.7
7800	28.35	611.37	78.7	108.46	0.73
7750	28.35	610.57	90.34	141.16	0.64
7700	28.35	609.81	79.41	122.44	0.65
7650	28.35	608.7	73.36	133.76	0.55
7600	28.35	607.23	66.92	115.45	0.58
7550	28.35	605.79	74.51	115.46	0.65
7500	28.35	604.62	63.35	113.21	0.56
7450	28.35	602.88	70.8	94.68	0.75
7400	28.35	602.13	95.77	114.54	0.84
7350	28.35	601.71	110.96	141.91	0.78
7300	28.35	601.29	106.5	146.61	0.73
7250	28.35	600.84	105.46	138.17	0.76
7200	28.35	600.43	106.94	130.33	0.82
7150	28.35	600.08	110.4	124.74	0.89
7100	28.35	599.8	117.93	119.24	0.99
7050	28.35	599.53	105.78	112.11	0.94
7000	28.35	599.14	81.73	94.53	0.86

5250	28.35	560.79	45.01	39.64	1.14
5200	28.35	560.08	93.39	55.81	1.67
5150	28.35	559.3	27.17	16.26	1.67
5100	28.35	557.33	41.69	29.69	1.4
5050	28.35	556.21	59.64	55.5	1.07
5000	28.35	555.39	54.46	40.65	1.34
4950	28.35	554.44	42.94	27.29	1.57
4900	28.35	553.25	35.29	20.94	1.69
4850	28.35	552.16	51.88	25.83	2.01
4800	28.35	551.38	39.59	22.62	1.75
4750	28.35	550.16	33.83	18.5	1.83
4700	28.35	548.87	44.2	24.27	1.82
4650	28.35	548.12	60.66	46.16	1.31
4600	28.35	547.43	41.98	25.04	1.68
4550	28.35	546.4	46.27	24.93	1.86
4500	28.35	545.6	48.19	28.97	1.66
4450	28.35	544.53	33.4	21.8	1.53
4400	28.35	542.89	46.21	37.84	1.22
4350	28.35	541.77	63.4	64.64	0.98
4300	28.35	540.88	59.85	48.99	1.22
4250	28.35	539.93	50.64	41.95	1.21
4200	28.35	538.92	56.48	45.59	1.24
4150	28.35	538.14	64.74	51.29	1.26
4100	28.35	537.4	53.15	38.99	1.36
4050	28.35	536.42	45.1	33.23	1.36
4000	28.35	535.52	71.64	49.1	1.46
3950	28.35	534.81	42.06	34.45	1.22
3900	28.35	533.74	64.93	39.14	1.66
3850	28.35	533.11	40.3	22.17	1.82
3800	28.35	531.54	30.68	15.93	1.93
3750	28.35	529.04	30.44	18.6	1.64
3700	28.35	526.89	31.77	20.71	1.53
3650	28.35	525.6	58.4	26.83	2.18
3600	28.35	525.24	83.2	44.67	1.86
3550	28.35	524.89	57.57	22.29	2.58
3500	28.35	524.63	88.89	45.38	1.96
3450	28.35	524.35	70.86	48.08	1.47

1700	28.35	489.92	30.6	12.77	2.4
1650	28.35	489.12	56.32	21.81	2.58
1600	28.35	488.69	47.69	18.31	2.6
1550	28.35	488.11	45.04	19.79	2.28
1500	28.35	487.46	44.93	19.43	2.31
1450	28.35	486.87	45.87	18.04	2.54
1400	28.35	486.4	55.86	21.46	2.6
1350	28.35	485.53	28.75	16.17	1.78
1300	28.35	483.53	33.55	18.18	1.85
1250	28.35	482.38	40.29	16.96	2.38
1200	28.35	481.9	68.03	27.26	2.5
1150	28.35	481.36	43.25	19.26	2.25
1100	28.35	480.79	66.13	28.12	2.35
1050	28.35	480.4	46.47	17.06	2.72
1000	28.35	479.66	36.4	15.26	2.39
950	28.35	478.82	50.24	30.86	1.63
900	28.35	478.24	60.93	29.02	2.1
850	28.35	477.94	75.95	42.17	1.8
800	28.35	477.54	60.32	38.27	1.58
750	28.35	476.32	23.56	22.93	1.03
700	28.35	472.91	68.16	26.72	2.55
650	28.35	472.51	48.49	23.3	2.08
600	28.35	471.82	42.09	19.54	2.15
550	28.35	471	42.16	20	2.11
500	28.35	470.15	43.88	25.01	1.75
450	28.35	469.3	48.62	27.13	1.79
400	28.35	468.31	38.76	26.09	1.49
350	28.35	467.59	67.31	38.34	1.76
300	28.35	466.97	50.52	40.63	1.24
250	28.35	465.93	51.12	42.75	1.2
200	28.35	464.92	81.94	65.44	1.25
150	28.35	464.43	86.81	71.77	1.21
100	28.35	463.73	76.37	120.36	0.63
50	28.35	462.12	53.3	45.01	1.18

6950	28.35	598.55	73.78	79.45	0.93
6900	28.35	597.85	68.3	75.73	0.9
6850	28.35	596.96	60.18	73.26	0.82
6800	28.35	595.79	59.19	74.69	0.79
6750	28.35	594.39	53.87	81.09	0.66
6700	28.35	592.57	65.29	87.01	0.75
6650	28.35	591.5	72.77	98.61	0.74
6600	28.35	590.53	72.08	111.76	0.64
6550	28.35	589.45	78.22	116.08	0.67
6500	28.35	588.53	83.53	123.54	0.68
6450	28.35	587.72	84.7	119.11	0.71
6400	28.35	586.82	79.55	121.5	0.65
6350	28.35	585.84	78.95	124.21	0.64
6300	28.35	584.79	76.03	120.44	0.63
6250	28.35	583.67	74.7	108.75	0.69
6200	28.35	582.81	88.04	117.94	0.75
6150	28.35	582.28	116.19	154.03	0.75
6100	28.35	580.66	53.42	96.78	0.55
6050	28.35	576.75	43.07	43.72	0.99
6000	28.35	575.09	62.18	67.37	0.92
5950	28.35	574.08	48.74	37.74	1.29
5900	28.35	573.05	50.59	36.45	1.39
5850	28.35	572.24	62.48	48.44	1.29
5800	28.35	571.33	40.11	36.08	1.11
5750	28.35	569.7	47.8	29.76	1.61
5700	28.35	568.94	54.01	41.74	1.29
5650	28.35	568.09	57.59	49.96	1.15
5600	28.35	567.18	42.91	31.9	1.34
5550	28.35	565.8	42.06	31.25	1.35
5500	28.35	564.82	70.91	42.33	1.67

3400	28.35	523.72	53.16	42.41	1.25
3350	28.35	522.74	52.57	44.02	1.19
3300	28.35	521.79	57.03	41.6	1.37
3250	28.35	520.98	51.56	38.26	1.35
3200	28.35	520.04	53.39	40.88	1.31
3150	28.35	519.14	53.09	42.28	1.26
3100	28.35	518.35	62.88	46.6	1.35
3050	28.35	517.51	42.81	33.35	1.28
3000	28.35	516.2	63.57	62.31	1.02
2950	28.35	515.02	50.37	46.81	1.08
2900	28.35	513.53	54.38	48.85	1.11
2850	28.35	512.55	68.04	78.61	0.87
2800	28.35	511.59	61.96	68.82	0.9
2750	28.35	510.79	55.49	51.88	1.07
2700	28.35	509.85	48.13	37.84	1.27
2650	28.35	508.62	63.64	54.62	1.17
2600	28.35	507.7	60.97	60.08	1.01
2550	28.35	506.64	69.56	60.5	1.15
2500	28.35	505.71	63.19	40.88	1.55
2450	28.35	504.74	39.06	19.65	1.99
2400	28.35	503.67	40.8	17.06	2.39
2350	28.35	502.39	43.62	38.57	1.13
2300	28.35	500.97	37.2	20.83	1.79
2250	28.35	500.03	53.46	25.21	2.12
2200	28.35	499.08	32.55	17.53	1.86
2150	28.35	497.81	51.77	33.11	1.56
2100	28.35	496.97	52.75	43.11	1.22
2050	28.35	496.02	51.96	46.51	1.12
2000	28.35	494.96	48.6	39.86	1.22
1950	28.35	493.73	47.57	41.65	1.14

El arroyo las Grullas afectaría la localidad de La Estancia si tuviera desbordamientos. En las Figura 5.225 y Figura 5.226 se muestra el riesgo por inundación para un periodo de retorno de dos años y 5 años. Los resultados de los periodos de retorno 20, 50 y 100 años son mostrados en el Anexo D.

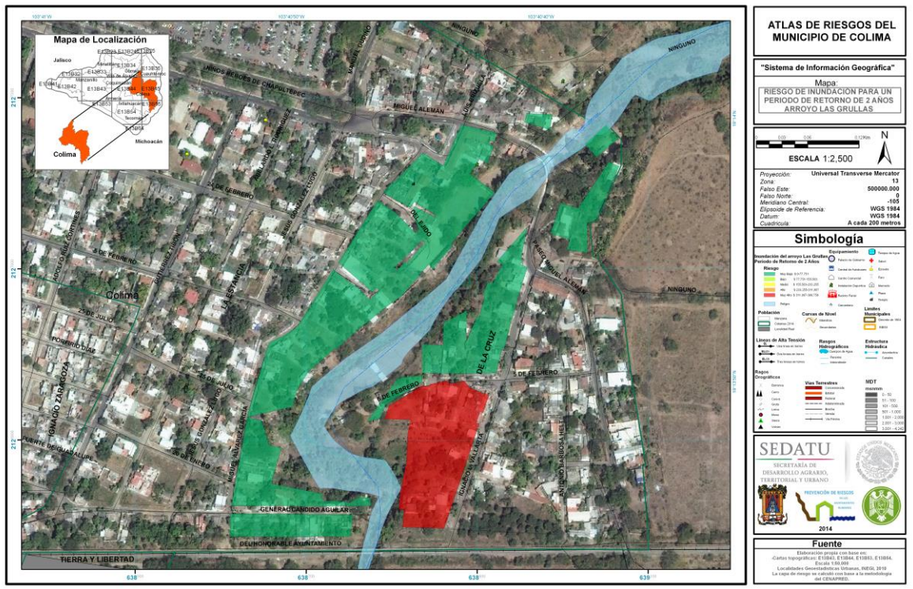


Figura 5.225.- Riesgo por inundación para un periodo de retorno de 2 años, para el arroyo Las Grullas.

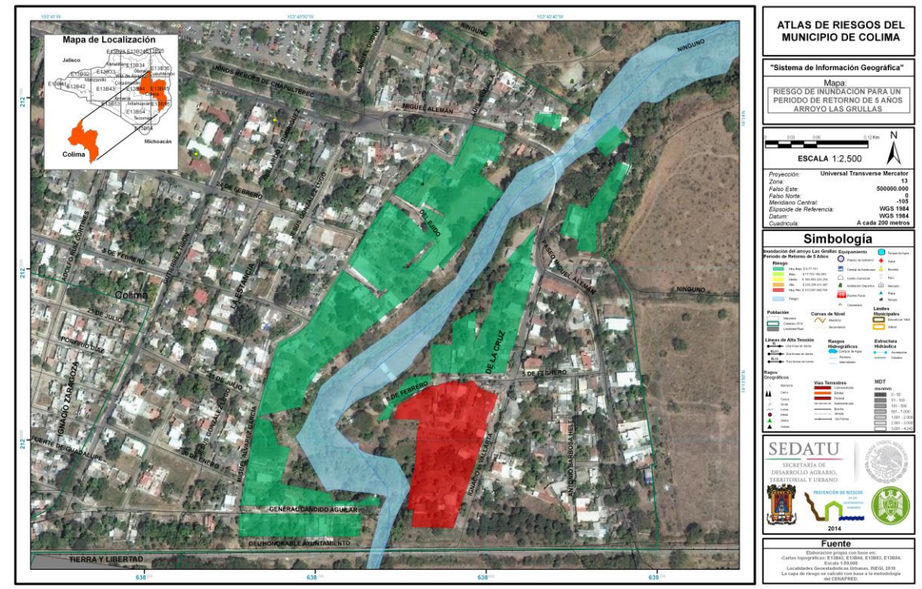


Figura 5.226.- Riesgo por inundación para un periodo de retorno de 5 años, para el arroyo Las Grullas.

Río Naranjo

Los resultados obtenidos con el programa HEC-RAS, para el río Naranjo son mostrados en la Tabla 5.127, se muestran el tirante (m), la elevación de la superficie del agua (W. S. Elevación m), el área de flujo (m^2) y el ancho superior del tirante (m).

Tabla 5.127.- Resultados de inundación obtenidos con HEC-RAS para el Río Naranjo para un periodo de retorno de 2 años.

Estación	W.S. Elevación (m)	Área del Flujo (m^2)	Ancho superior (m)
4000	90.18	162.99	188.71
3950	89.78	170.99	163
3900	90.3	712.7	225.25
3850	85.65	409.92	178.62
3800	85.68	646.69	204.4
3750	85.7	1079.96	225.46

Estación	W.S. Elevación (m)	Área del Flujo (m^2)	Ancho superior (m)
2300	67.22	434.51	98.11
2250	67.24	561.16	111.73
2200	67.26	714.29	127.34
2150	67.22	567.93	96.52
2100	66.88	255.87	74.45
2050	67.06	563.79	103.99

Estación	W.S. Elevación (m)	Área del Flujo (m^2)	Ancho superior (m)
600	50.3	160.14	31.02
550	50.16	158.06	31.02
500	50.22	182.28	35.54
450	49.74	149.12	30.63
400	49.1	125.53	27.59
350	49.05	135.5	29.66

3700	85.7	1087.79	240.52
3650	85.7	1115.17	241.46
3600	85.7	1185.86	249.01
3550	85.7	1233	259.59
3500	85.69	1249.67	280.45
3450	85.29	1004.38	271.08
3400	83.77	645.48	220.75
3350	83.47	278.23	160.58
3300	82.71	182.85	116.67
3250	79.56	92.96	95.46
3200	76.65	88.47	90.98
3150	73.92	84.7	76.08
3100	75.27	235.77	116.74
3050	75.36	365.34	100.05
3000	74.95	214.82	86.72
2950	74.92	245.03	88.11
2900	75.04	427.38	115.11
2850	75.01	406.89	111.86
2800	74.83	316.64	92.49
2750	74.84	365.37	97.97
2700	74.72	306.29	92.01
2650	74.61	279.86	80.97
2600	74.36	222.85	78.09
2550	73.23	130.51	49.04
2500	71.31	94.63	40.51
2450	69.81	86.23	44.12
2400	67.8	78.53	43.3
2350	67.18	338.42	85.19

2000	66.29	178.1	56.16
1950	65.98	163.61	54.28
1900	65.86	169.9	51.59
1850	64.89	123.39	38.18
1800	65.22	173.93	48.2
1750	64.16	121.47	39.43
1700	60.6	74.35	26.57
1650	59.66	75.12	26.42
1600	56.76	64.47	27.11
1550	59.59	268.83	55.93
1500	59.7	413.19	85.24
1450	59.03	181.26	39.83
1400	58.13	128.21	31.34
1350	58.1	141.55	34.95
1300	58.5	228.54	43.96
1250	56.84	111.05	30.44
1200	56.99	248.34	41.57
1150	55.26	110.91	30.36
1100	52.19	213.17	38.87
1050	52.3	282.24	45.89
1000	52.4	431.65	69.64
950	52.35	380.13	61.53
900	52.02	230.27	38.32
850	51.86	208.05	34.99
800	51.82	212.53	35.95
750	51.82	229.87	38.75
700	49.99	106.55	26.51
650	50.5	168.42	32.09

300	47.98	106.54	26.62
250	45.62	79.23	22.05
200	42.66	64.92	18.76
150	37.61	51.99	16.36
100	36.7	57.05	17.02
50	40.69	152.88	28.61
0	39.04	99.47	21.98

El río Naranjo, no afecta la comunidad de Las Tunas Los resultados de los periodos de retorno 5, 20, 50 y 100 años con el programa HEC-RAS son mostrados en el Anexo D.

Arroyos de Los Tepames

Los resultados obtenidos con el programa HEC-RAS, para los arroyos de la comunidad de Los Tepames son mostrados en la

Tabla 5.128, se muestran el tirante (m), la elevación de la superficie del agua (W. S. Elevación m), el área de flujo (m^2) y el ancho superior del tirante (m).

Tabla 5.128.- Resultados del programa HEC-RAS, para el arroyo Colomotitán 2 de la localidad de los Tepames.

Tramo	Estación	W.S. Elevación (m)	Área del Flujo (m^2)	Ancho superior (m)	Tirante (m)
2	2100	478.25	19.62	24.4	0.8
2	2080	478.16	17.67	20.24	0.87
2	2060	477.81	10.32	14.61	0.71
2	2040	477.53	9.96	17.72	0.56
2	2020	476.48	6.28	15.59	0.4
2	2000	476.57	17.14	14.35	1.19
2	1980	476.36	12.04	12.87	0.94
2	1960	476.15	12.04	19.24	0.63
2	1940	474.95	6.04	10.01	0.6
2	1920	475.36	16.58	16.27	1.02
2	1900	474.8	8.37	8.33	1
2	1880	475	20.34	22.57	0.9
2	1860	474.38	9.03	17.69	0.51
2	1840	474.35	25.45	28.46	0.89
2	1820	474.32	26.46	33.58	0.79
2	1800	474.11	16.28	62.48	0.26
2	1780	473.05	7.46	14	0.53
2	1760	472.04	6.23	12.72	0.49
2	1740	472.54	32.62	27.64	1.18
2	1720	472.2	13.15	24.36	0.54
2	1700	471.64	9.32	21.25	0.44
2	1680	471.35	10.19	19.37	0.53
2	1660	471.19	15.98	21.53	0.74
2	1640	470.79	12.43	22.92	0.54
2	1620	468.62	4.42	8.54	0.52
2	1600	468.28	6.66	9.47	0.7
2	1580	468.45	10.95	13.02	0.84
2	1560	468.51	17.19	18.96	0.91
2	1540	468.31	12.27	18.2	0.67
2	1520	468.23	16.6	17.56	0.95
2	1500	468.15	16.05	15.7	1.02
2	1480	468.15	21.5	13.83	1.56
2	1460	468.16	28.79	18.06	1.59

Tramo	Estación	W.S. Elevación (m)	Área del Flujo (m^2)	Ancho superior (m)	Tirante (m)
2	1420	468.15	37.32	24.53	1.52
2	1400	467.97	14.27	16.19	0.88
2	1380	467.67	10.48	15.83	0.66
2	1359.573	465.16	4.98	13.04	0.38
2	1340	465.2	8.66	14.84	0.58
2	1320	465.31	18.52	19.13	0.97
2	1300	465.01	13.21	18.04	0.73
2	1280	464.71	10.94	16.36	0.67
2	1260	463.82	7.52	16.78	0.45
2	1240	463.77	9.8	15.07	0.65
2	1220	463.16	8.01	14.02	0.57
2	1200	462.57	7.47	14.93	0.5
2	1180	462.69	16.72	16.18	1.03
2	1160.075	462.61	16.95	17.3	0.98
2	1140	462.61	22.88	18.82	1.22
2	1120	462.6	27.09	21.2	1.28
2	1100	462.64	73.82	36.56	2.02
4	1080	461.98	25.05	20.64	1.21
4	1060	461.6	38.48	23.23	1.66
4	1040	461.01	23.41	17.95	1.3
4	1020	461.03	35.34	23.88	1.48
4	1000	460.93	33.59	24.25	1.39
4	980	460.87	37.34	30.89	1.21
4	959.9999	460.23	22.73	26.14	0.87
4	940	459.56	20	20.55	0.97
4	919.9999	459.93	54.17	45.59	1.19
4	900	459.74	37.77	36.34	1.04
4	880	459.66	40.78	33.63	1.21
4	859.9999	459.66	53.93	52.43	1.03
4	839.9999	459.37	35.15	59.23	0.59
4	820	458.28	20.77	34.11	0.61
4	799.9999	458.72	59.96	47.26	1.27
4	780	458.19	30.4	29.94	1.02

Tramo	Estación	W.S. Elevación (m)	Área del Flujo (m^2)	Ancho superior (m)	Tirante (m)
4	760	458.08	27.69	29.81	0.93
4	740	456.94	17.9	15.74	1.14
4	720	457.46	72.46	44.92	1.61
4	700	457.08	36.84	40.71	0.91
4	680	455.81	18.05	22.63	0.8
4	659.9999	456.35	42.24	30.62	1.38
4	639.9999	456.34	53.57	40.15	1.33
4	620.0001	456.27	57.11	53.32	1.07
4	599.9999	456.03	55.97	40.82	1.37
4	579.9999	455.78	36.16	27.09	1.34
4	560	455.01	21.59	19.2	1.12
4	539.9999	455.11	57.07	57.39	0.99
4	520	454.69	30.49	35.98	0.85
4	500	454	23.83	43.79	0.54
4	480	454.28	59.89	53.39	1.12
4	460	453.93	34.13	49.67	0.69
4	440	453.83	60.83	47.68	1.28
4	420	453.8	65.36	45.13	1.45
4	399.9314	453.69	52.35	38.74	1.35
4	379.9999	453.42	39.42	35.69	1.1
4	360	453.39	44.65	46.37	0.96
4	339.7307	453.2	43.87	36.17	1.21
4	319.9999	453.26	66.19	44.01	1.5
3	300	453.02	62.36	40.58	1.54
3	279.9999	452.92	58.41	38.66	1.51
3	259.9999	452.9	63.71	33.18	1.92
3	239.9999	452.37	41.06	34.89	1.18
3	220	452.37	53.58	45.55	1.18
3	200.0001	452.41	74.69	63.08	1.18
3	180	452.09	52.86	70.76	0.75
3	160	451.83	49.5	27.95	1.77
3	140.0001	450.96	26.98	22.88	1.18
3	120	450.68	32.49	39.87	0.81

2	1440	468.15	28.59	23.29	1.23

4	760	458.08	27.69	29.81	0.93

3	100	450.12	29.64	23.8	1.25

Los arroyos que cruzan la comunidad de Los Tepames, representa un riesgo para la zona este y norte. En la Figura 5.217 se muestra el riesgo por inundación para un periodo de retorno de dos años y en la Figura el Riesgo para un periodo de 5 años. Los resultados de los periodos de retorno 5, 20, 50 y 100 años son mostrados en el Anexo D.

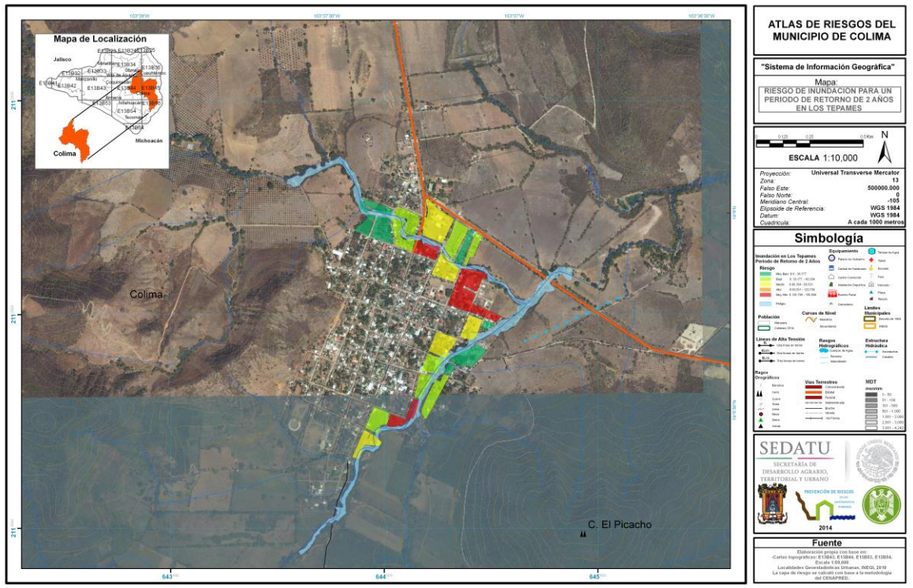


Figura 5.227.- Mapa de Riesgo por Inundación para los arroyos de Los Tepames para un periodo de retorno de 2 años.

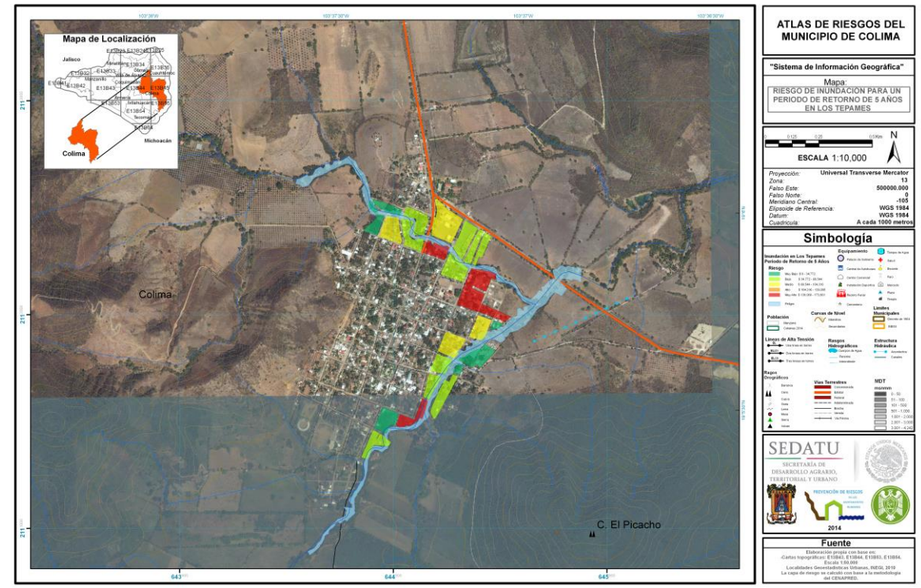


Figura 5.228.- Mapa de Riesgo por Inundación para los arroyos de Los Tepames para un periodo de retorno de 5 años.

El mapa de riesgo por inundación permite zonificar la localidad con la finalidad de:

- Identificar las zonas críticas para cuantificar el daño potencial, desde el punto de vista de inundaciones
- Al proyectar cualquiera de las medidas de protección, ya sean estructurales o institucionales, estar en posibilidad de llevar a cabo un análisis costo beneficio (comparando los costos de la solución proyectada vs. los daños potenciales.
- En muchos casos es inminente la necesidad de obras de protección; sin embargo, la falta de presupuesto hace que la construcción de este tipo de obras se postergue indefinidamente. Ante esto, un sistema de monitoreo en tiempo real que le permita a las autoridades conocer cuándo y dónde evacuar a la población y resguardar algunos de sus bienes, es de suma utilidad.

HOJA EN BLANCO

Capítulo 6. OBRAS Y ACCIONES

Las obras y acciones que a continuación se presentan son producto del análisis de cada uno de los peligros analizados en este Atlas. Su intención es dar a las autoridades del municipio de Colima, alguna herramientas para la reducción de la vulnerabilidad y la mitigación de los riesgos de origen geológico e hidrometeorológico.

FENÓMENOS GEOLÓGICOS

6.1 ERUPCIONES VOLCÁNICAS

Las obras propuestas para el riesgo volcánico por lahares se basan en el saneamiento periódico de los cauces de los ríos que cruzan el municipio. Esto simplemente es una acción preventiva previa a la temporada de lluvias, pues los lahares pueden dispararse principalmente en esta época. A diferencia de otros volcanes, el volcán de Fuego de Colima no tiene un glaciar que pueda ser fundido por una erupción y cause un Lahar que arrase el valle. Sin embargo, durante la temporada de lluvias son varios eventos de este tipo que descienden por las barrancas y su dimensión estará potenciada debido a la cantidad de lluvia presente en el momento y al material existente diseminado en las barrancas y cauces producto de las erupciones registradas en los meses previos, principalmente lava y cenizas.

Ante una erupción volcánica grande, como las que han ocurrido en otros siglos en el volcán de Fuego de Colima, pueden esperarse pérdidas casi totales de bienes; por lo que la única forma de proteger la vida humana es por medio de evacuaciones preventivas. Dentro de las acciones que se proponen están las de establecer campañas de información a la población sobre los peligros volcánicos y sus consecuencias, y realizar simulacros de evacuación, toda vez que una población bien informada y entrenada, tendrá una mejor capacidad de respuesta ante este tipo de fenómenos.

Asimismo, se deberá reglamentar la no construcción cerca de las barrancas que descienden del volcán y sobre los antiguos cauces de ríos y barrancas por donde puede correr material producto de la erupción, como un flujo de lodo y rocas.

Ante un escenario de lluvia de ceniza se deberá poner en práctica lo siguiente:

- Sepa anticipadamente qué es lo que se puede esperar y cómo enfrentarlo; eso hará manejable la situación.
- En las áreas con ceniza, use máscaras para el polvo y lentes con protecciones para los ojos. Si usted no tiene una máscara para polvo, use un pañuelo o tela húmeda. De preferencia no use lentes de contacto.
- Tanto como sea posible, mantenga la ceniza fuera de casas-edificios, maquinaria, suministros de agua, aire acondicionado, drenajes, cañerías, alcantarillas, etc.
- Permanezca dentro de su casa o habitación para minimizar la exposición –especialmente si usted padece de enfermedades respiratorias.
- Minimizar los viajes. Manejar durante una lluvia de ceniza es arriesgado para usted y su automóvil.
- No sature las líneas telefónicas con llamadas que no sean de emergencia.
- Use su radio para recibir información sobre la caída de ceniza y lo que debe hacer.

¿Qué hacer antes de una lluvia de ceniza?

Mientras se encuentre en un automóvil, en su casa, trabajando o jugando, usted siempre debe estar preparado. La lluvia intermitente de ceniza y la re-suspensión de ceniza en la tierra pueden continuar durante semanas o meses.

En casa:

Guarde en su casa y oficina estos artículos que le serán de utilidad en caso de cualquier emergencia por peligros naturales:

- Máscara para polvo y repuestos.
- Suficiente comida no-perecedera al menos para tres días.

- Suficiente agua potable al menos para tres días (4 litros por persona por día)
- Plástico autoadherible para envolver (para proteger los aparatos electrónicos)
- Botiquín de primeros auxilios y medicinas regulares.
- Una radio de pilas con paquetes de baterías extras.
- Linternas con baterías extras.
- Madera extra, si usted tiene chimenea o estufa de madera.
- Frazadas o mantas extras y ropa de abrigo.
- Suministros de limpieza (escoba, aspiradoras, palas, etc.)
- Pequeñas cantidades de dinero en efectivo extra (los cajeros automáticos pueden no funcionar)

Los niños

- Explíqueles qué es un volcán y qué deben esperar y hacer si llueve ceniza.
- Que conozcan el plan de emergencia de su escuela.
- Tener disponibles juegos actividades de mesa.

Los animales domésticos

- Guardarles comida extra y agua para beber.
- Mantener medicinas extras a la mano.
- Guarde sus animales bajo techo, si es posible.

El automóvil

- Cualquier vehículo puede ser considerado una segunda vivienda móvil. Lleve siempre algunos artículos que le sean de utilidad en caso de retrasos, emergencias, o fallos mecánicos.
- Use máscaras del polvo y lentes con protección para los ojos.
- Mantas extras y ropa de abrigo
- Comida de emergencia y agua para beber.
- Suministros de emergencia: botiquín de primeros auxilios, linterna, extintor de incendios, toma de corriente, señales luminosas, cerillos, y un manual de supervivencia, etc.
- Lona impermeable y soga gruesa para remolque.
- Filtros extras de aire y aceite, aceite extra, repuestos del limpia parabrisas y líquido limpiador del parabrisas.
- Teléfono celular con batería extra.

¿Qué hacer durante y después de una caída de ceniza?

En casa:

- Cierre puertas, ventanas. Ponga toallas húmedas en los umbrales de las puertas y donde se originen corrientes de aire; ponga cinta en las ventanas por donde pueden entrar corrientes de aire.
- Humedezca la ceniza en patios, jardines y calles para reducir la re-suspensión.
- Poner tapaderas encima de los tubos de desagües (en las canaletas).
- Proteja los electrodomésticos sensibles al polvo.
- Partiendo del hecho que la mayoría de los techos no pueden soportar más de 10cm de ceniza mojada, mantenga los techos libres de gruesas acumulaciones. Una vez que la lluvia de ceniza ha parado, barra o limpie con pala la ceniza de los techos, tejados y canaletas. Lleve su máscara para polvo y tenga precaución en escaleras de mano y tejados.

- Quítese la ropa en el exterior antes de entrar a su casa. Cepille, sacuda y ponga a remojar la ropa impregnada con ceniza antes de lavarla.
- Si existe ceniza en su agua, déjela asentar, y después, use el agua pero de preferencia no la beba. En casos raros dónde hay mucha ceniza en el suministro de agua, no use su lavaplatos o lavadora.
- Usted puede comer las verduras que se cultivan en su jardín, pero lávelas primero.
- Para el polvo puede usar la aspiradora en lugar de trapos o telas para el polvo que pueden ponerse abrasivas y rayar sus muebles.
- Use una radio con pilas para recibir la información.

Los niños
- Siga las instrucciones escolares para el cuidado de los niños en la escuela.
- Mantenga a los niños dentro de habitaciones cerradas; no fomente juegos activos en escenarios con polvo. Las máscaras del polvo no ajustan bien en niños muy pequeños.

Los animales domésticos
- Guarde los animales domésticos dentro. Si logran salir cepíllelos o aspírelos antes de permitirles entrar.
- Asegúrese de que el ganado tenga comida y agua limpia.
- No fomente actividades en zonas polvorientas.

El automóvil
- Si es posible, no maneje; la ceniza causa daños a los vehículos.
- Si usted debe manejar, maneje despacio, use los faros de automóvil, y use suficiente líquido limpiador de parabrisas.
- Cambie el aceite, filtros de aceite, y filtros de aire frecuentemente (cada 80 a 160 km) en ceniza densa, es decir, menos de 15 metros de visibilidad (cada 800 a 1600 km con ceniza ligera).
- No maneje sin un filtro de aire. Si usted no puede cambiar el filtro de aire, límpielo soplando el aire a presión de dentro hacia fuera.
- Si el automóvil tarda en encender o fallan los frenos, empuje el coche a un lado del camino para evitar ser golpeado por otros vehículos. Quédese en su automóvil.

¿Qué hacer durante el período de limpieza general?

- Minimice el manejar vehículos y otras actividades que remuevan la ceniza.
- Remueva la ceniza tanto como pueda de las áreas más frecuentemente usadas. Limpie de arriba hacia abajo utilizando una mascarilla para polvo.
- Antes de barrer, humedezca la ceniza para evitar el levantamiento. Tenga cuidado de no dejar la ceniza dentro de alcantarillas, desagües, cañerías drenajes pluviales, etc.
- Use el agua de forma económica. El uso inadecuado de agua para la limpieza puede reducir el suministro público de esta.
- Proteja los electrodomésticos y microcomponentes (por ejemplo, computadoras, maquinaria, etc.) hasta que el ambiente quede libre de ceniza.
- Solicite consejo de las autoridades sanitarias con respecto a la eliminación de la ceniza volcánica en su comunidad.
- La ceniza húmeda puede ser resbalosa. Tenga cuidado cuando suba escaleras y techos.
- Establezca el cuidado de los niños para auxiliar a los padres involucrados en la limpieza general.

Como medida general se deberán establecer programas permanentes de vigilancia volcánica y recursos destinados para ello, toda vez que el monitoreo de un volcán activo es la única herramienta con la que se pueden hacer diagnósticos y pronósticos de la actividad que pueden poner en alertamiento preventivo a las autoridades y la población civil.

6.2 SISMOS

Recomendaciones generales para reforzar viviendas.

Para reforzar viviendas construidas con materiales y métodos tradicionales de la región, de mediana a baja calidad, se recomiendan las siguientes acciones:

- Identificar los muros carentes de confinamiento.
- Colocar elementos estructurales verticales de concreto armado (castillos):
  - En todas las esquinas de la vivienda.
  - En las intersecciones de muros.
  - A una distancia no mayor de 3 m entre ellos.
  - En el perímetro de puertas y ventanas.

- Colocar elementos estructurales horizontales de concreto armado (cadenas, vigas):
  - En el desplante del muro.
  - El siguiente elemento horizontal se debe colocar a una distancia que no sea mayor a 10 veces el espesor del muro.
  - Y en el cerramiento del muro para recibir la cubierta de la vivienda.

Considerar para el reforzamiento de la vivienda:

- Apuntalar los muros.
- Anclar los castillos por lo menos 60 cm en la cimentación.
- En los traslapes de acero, garantizar por lo menos en éste 40 veces el diámetro del acero usado en los elementos.
- Considerar en espacios con claros mayores a 3 x 3 metros la colocación de trabes.
- Reforzar muros que presentan fisuras con malla electrosoldada o similiar, clavos y mortero a base de cemento - arena por ambas caras del muro.
- Colocar el tinaco sobre los muros de carga.
- Procurar un mantenimiento periódico a la vivienda pintura, impermeabilización, reparar fugas de agua con la finalidad de conservar los materiales la vivienda en el mejor estado posible.

Obras y acciones para construir vivienda resistente a sismo.

- Impulsar en el municipio la creación de un manual gráfico con criterios generales para la autoconstrucción de vivienda, de acuerdo a las características de la zona (suelo, clima, materiales, etc.).
- No construir vivienda en los márgenes de los ríos y en las proximidades de las vías del ferrocarril.
- Fomentar entre los Colegios y Facultades de Ingenieros Civiles y/o Arquitectos a manera de servicio social el asesoramiento para la autoconstrucción de viviendas.
- En el caso de vivienda de interés social, reglamentar que el avance de cada etapa de la edificación, sea validada por personal capacitado a efectos de permitir el avance al constructor a la etapa siguiente.
- Crear cuadros de inspección con profesionales con el perfil adecuado para detectar fallas y emitir recomendaciones para la correcta construcción y ejecución de la vivienda.
- Instrumentar el presente, a categoría de reglamento, con la finalidad que sea considerado su consulta y aplicación como requisito para la construcción de fraccionamientos y/o viviendas particulares.

6.3 TSUNAMIS

Este fenómeno no aplica en el municipio de Colima

6.4 INESTABILIDAD DE LADERAS (FLUJOS, CAÍDOS O DERRUMBES, HUNDIMIENTOS, SUBSIDENCIA, AGRIETAMIENTOS)

De acuerdo con la metodología se establecieron valores que corresponden a zonas de alto riesgo que ameritan medidas de amortiguamiento y de monitoreo como son aspectos de reforestación y sistemas de vigilancia, especialmente en la época de lluvias.

Se requiere establecer medidas geotécnicas que minimicen las pendientes, especialmente en la zona La Salada, debido al alto tráfico vehicular que circula por la autopista Manzanillo-Guadalajara.

Existen unas series de medidas geotécnicas mediante sistemas de vigilancia en litologías como arcillas que podrían proporcionar un alertamiento a las autoridades correspondientes para minimizar los efectos de un fenómeno que provoque inestabilidad de pendientes.

Es muy importante iniciar con una recopilación de información oficial que describa los fenómenos relacionados con la inestabilidad de laderas, pues actualmente no se cuenta con una base de datos que describa la ocurrencia de este fenómeno.

Se recomienda establecer medidas de mitigación mediante reforestaciones de cobertura vegetal, canalizaciones de arroyos, así como obras geotécnicas para evitar la erosión, así como establecer controles estrictos en la urbanización de las zonas analizadas.

Tabla 6.1.- Propuesta de obras y acciones de los fenómenos geológicos en el municipio de Colima.

PROPUESTAS DE OBRAS Y ACCIONES DE LOS FENÓMENOS GEOLÓGICOS				
FENÓMENOS/ RIESGOS	**UBICACIÓN**	**CAUSA**	**OBRA O ACCIÓN PROPUESTA**	**OBSERVACIONES**
Volcánico	Municipio de Colima	Lahares en barrancas y ríos.	Saneamiento de cauces de ríos y reglamentar la no construcción cerca de las barrancas que descienden del volcán y sobre los antiguos cauces de ríos y barrancas por donde puede correr material producto de la erupción, como flujo de lodo y rocas.	Esto simplemente es una acción preventiva previa a la temporada de lluvias, pues los lahares pueden dispararse principalmente en esta época
Volcánico	Municipio de Colima	Caída de ceniza.	Campaña de información de qué hacer en caso de caída de ceniza.	
Volcánico	Municipio de Colima	Erupción volcánica	Simulacro de evacuaciones	Ante una erupción volcánica grande, como las que han ocurrido en otros siglos en el volcán de Fuego de Colima, pueden esperarse pérdidas casi totales de bienes; por lo que la única forma de proteger la vida humana es por medio de evacuaciones preventivas
Sismo	Asentamientos Irregulares en zonas de peligro.	Autoconstrucción de vivienda.	No construir vivienda en los márgenes de los ríos y en las proximidades de las vías del ferrocarril.	
Sismo	Viviendas de baja calidad.	Autoconstrucción de vivienda.	Fomentar entre los Colegios y Facultades de Ingenieros Civiles y/o Arquitectos a manera de servicio social el asesoramiento para la autoconstrucción de viviendas	

PROPUESTAS DE OBRAS Y ACCIONES DE LOS FENÓMENOS GEOLÓGICOS				
FENÓMENOS/ RIESGOS	**UBICACIÓN**	**CAUSA**	**OBRA O ACCIÓN PROPUESTA**	**OBSERVACIONES**
Sismo	Viviendas de baja y media calidad.	Falta de supervisión, deficiencia en la calidad y métodos de construcción empleados.	En el caso de vivienda de interés social, reglamentar que el avance de cada etapa de la edificación, sea validada por personal capacitado a efectos de permitir el avance al constructor a la etapa siguiente	
Sismo	Viviendas de baja y media calidad.	Falta de supervisión, deficiencia en la calidad y métodos de construcción empleados.	Crear cuadros de inspección con profesionales con el perfil adecuado para detectar fallas y emitir recomendaciones para la correcta construcción y ejecución de la vivienda	
Sismo	Asentamientos en zonas de riesgo.	Asentamientos irregulares.	Instrumentar el presente, a categoría de reglamento, con la finalidad que sea considerado su consulta y aplicación como requisito para la construcción de fraccionamientos y/o viviendas particulares.	
Tsunami	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
Inestabilidad de laderas	N 19° 11’ 37.0” W 103° 41’ 43.3” N 19° 05’ 44.4” W 103° 37’ 28.7” N 19° 05’ 45.2” W 103° 37’ 26.7” N 19° 02’ 27.7” W 103° 35’ 12.3” N 19° 04’ 54.0” W 103° 46’ 32.3” N 19° 04’ 55.0” W 103° 46’ 32.3” N 19° 04’ 54.0” W 103° 46’ 33.3”	Daños a infraestructura vial y accidentes de vehículos.	Establecer medidas de mitigación mediante reforestación de cobertura vegetal, canalizaciones de arroyos, así como obras geotécnicas para evitar la erosión y establecer controles estrictos en la urbanización de las zonas analizadas. Establecer medidas geotécnicas que minimicen las pendientes, especialmente en la zona La Salada.	De acuerdo con la metodología se establecieron valores que corresponden a zonas de alto riesgo que ameritan medidas de amortiguamiento y de monitoreo como son aspectos de reforestación y sistemas de vigilancia, especialmente en la época de lluvias.

FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS

6.5 ONDAS CÁLIDAS Y GÉLIDAS

Ondas cálidas

Los seres humanos tenemos capacidad fisiológica para regular la temperatura interna de nuestro cuerpo, que se mantiene a unos 37 ° C. Si la temperatura corporal se eleva o cae desmesuradamente, el cuerpo reacciona originando enfermedades o incluso puede derivar en muerte.

Recomendaciones en caso de trabajos en condiciones de temperatura máxima extrema:

Estas situaciones se dan en trabajos en sitios cerrados o semicerrados donde el calor y la humedad sean elevados debido al proceso de trabajo o a las condiciones climáticas de la zona y la ausencia de medios para minimizar sus efectos:

- Fundiciones.
- Acerías.
- Fábricas de ladrillos.
- Fábricas de cerámica.
- Plantas de cemento.
- Hornos.
- Panaderías.
- Lavanderías.
- Fábricas de conservas.
- Minas.
- Invernaderos.

O en cualquier otro trabajo donde, sin ser el calor y la humedad ambiental elevados, se realice una actividad física intensa o donde los trabajadores/as lleven trajes o equipos de protección individual que impidan la eliminación del calor corporal.

También hay que prestar atención a los trabajos que se realizan al aire libre. El estrés térmico y sus consecuencias pueden ser especialmente peligrosos en los trabajos al aire libre, como en la construcción, agricultura, etc., ya que al tratarse de una situación peligrosa que fundamentalmente se da en los días más calurosos de verano, no se suelen adoptar medidas preventivas específicas para ese periodo del año que eviten la exposición a temperaturas extremas por calor.

Ondas Gélidas

En el caso del frío, también se diferencian los trabajos de interior y los de exterior, es decir, hay trabajos que destacan por desarrollarse en condiciones de frío intenso durante todo el año o en estaciones caracterizadas por el frío, como el invierno. Igual que en el caso del calor extremo, los trabajos realizados en situaciones de frío extremo estacionales, no suelen planificarse adecuadamente los riesgos que se derivan de la misma.

Entre los trabajos que se desarrollan en estas circunstancias destacan:

- Trabajados del sector agrícola.
- Trabajados del sector turístico de aventura.

- Trabajadores/as del sector forestal.
- Trabajos relacionados con la destrucción de plagas.
- Trabajos en cámaras frigoríficas.
- Trabajos relacionados con la industria alimentaria.
- Trabajos relacionados con la construcción.

Como es bien sabido, un ambiente térmico inadecuado en el lugar de trabajo puede originar diversos problemas en las personas que lo ocupan, que pueden dar lugar a una alteración de la salud.

Uno de los efectos más frecuentes de la exposición a temperaturas extremas por calor es el estrés térmico, estado de malestar físico producido por una acumulación excesiva de calor en el cuerpo humano. Respecto al frío, la exposición laboral a estos ambientes depende fundamentalmente de la temperatura del aire y de su velocidad. Entre los efectos más graves que se originan destacan la hipotermia o la congelación de partes del cuerpo expuestas al frío.

Por tanto, la exposición a este tipo de condiciones ambientales extremas en el lugar de trabajo, puede originar molestias e incluso alteraciones de la salud. Esto no solo lleva asociado una disminución del rendimiento en la ejecución de las tareas, sino que también puede llegar a ser un peligro para la seguridad y salud de los trabajadores/as.

Por tanto, es obligatorio realizar evaluaciones de riesgos para determinar si las condiciones ambientales son controlables o, por el contrario, pueden producir molestias, incomodidades e incluso alteraciones a la salud.

6.6 SEQUÍAS

Estas son algunas de las recomendaciones más importantes en caso de sequía.[193]

1. Utilizar mejor y con mayor eficiencia las reservas existentes de agua.
2. Desarrollar nuevas fuentes de suministro y el uso de prácticas para incrementar los recursos. Almacene las aguas superficiales en embalses especialmente construidos para tal fin.
3. Utilizar los embalses subterráneos y los trasvases o intercambios de agua entre cuencas, o dentro de una misma cuenca.
4. Reducir al mínimo las pérdidas por escorrentía, drenaje y evaporación.
5. Analizar las experiencias de otras sequias anteriores: anticipar que se produzca, empleando las predicciones y el análisis de datos, investigando la frecuencia y la duración de las sequías en el pasado, y realizando pronósticos y alertando a la comunidad para que esté mejor preparada frente a tales fenómenos.
6. Usar racionalmente los recursos.
7. Adaptarse a los cambios de clima y disponibilidad de recursos.
8. Evitar la contaminación de las fuentes de agua y la deforestación.
9. Aumentar el uso de prácticas como: sembrar árboles, racionalizar el agua, reutilizar elementos, reciclar y reducir la cantidad de desechos, ahorrar energía.

[193] Véase (http://comunidadplanetaazul.com/agua/tips-planeta-azul/medidas-de-prevencion-contra-la-sequia/#sthash.hSEWVNGb.dpuf)

6.7 HELADAS

Este fenómeno no aplica en el municipio de Colima

6.8 TORMENTAS DE GRANIZO

Se recomienda hacer talleres informativos de los efectos de las tormentas de granizo a la población del municipio de Colima con la finalidad de remarcar la importancia de mantenerse informados de los boletines que emite la Comisión Nacional del Agua a través del Servicio Meteorológico Nacional y la unidad de protección civil municipal.

Las granizadas puede afectar principalmente a le vegetación y viviendas hechas con materiales endebles como lámina de cartón en el techo. El granizo puede perforar las láminas y causar daños a la vivienda y las personas.

Ver el mapa de vulnerabilidad física de viviendas y plantear reforzar las viviendas que tengan vulnerabilidad física alta para evitar que en caso de impacto de una granizada, los proyectiles no puedan destruir la vivienda.

6.9 TORMENTAS DE NIEVE

Este fenómeno no aplica en el municipio de Colima

6.10 CICLONES TROPICALES

Se recomienda hacer talleres informativos de los efectos de los ciclones tropicales a la población del municipio de Colima con la finalidad de remarcar la importancia de mantenerse informados de los boletines que emite la Comisión Nacional del Agua a través del Servicio Meteorológico Nacional y la unidad de protección civil municipal. Concientizar principalmente a la población que vive dentro de los límites de peligros de inundación o en el límite de la zona federal de ríos, ya que estos al desbordar pueden ocasionar severos daños a viviendas, autos, negocios, calles y por supuesto vidas humanas.

Ver el mapa de vulnerabilidad física de viviendas y plantear reforzar las viviendas que tengan vulnerabilidad física alta para evitar que en caso de impacto de un ciclón, los vientos que este ocasione puedan destruir la vivienda.

Los ciclones tropicales que pueden impactar el territorio del municipio de Colima se forman en el Océano Pacífico, mismo que se encuentra a 50 km de distancia en línea recta de la capital y a 35 km en línea recta de la localidad de Las Tunas, que es la se encuentra a una menor distancia del océano. Por lo anterior, se recomienda que las posibles evacuaciones se hagan hacia el norte para alejarse lo más posible de los efectos del ciclón.

Evitar la construcción de viviendas y fraccionamientos dentro del área de peligro de inundación por desbordamiento de arroyos y ríos para períodos de retorno de 2, 5, 20, 50 y 100 años. Lo anterior debido a que los ciclones provocan precipitaciones principalmente prolongadas, lo que ocasiona que los causes se llenen de agua y desborden ocasionando daños a viviendas y vidas humanas.

6.11 TORNADOS

Este fenómeno no aplica en el municipio de Colima

6.12 TORMENTAS DE POLVO

Este fenómeno no aplica en el municipio de Colima

6.13 TORMENTAS ELÉCTRICAS

Se recomienda hacer talleres informativos de los efectos de las tormentas eléctricas a la población del municipio de Colima con la finalidad de remarcar la importancia de mantenerse informados de los boletines que emite la Comisión Nacional del Agua a través del Servicio Meteorológico Nacional y la unidad de protección civil municipal.

La estación que más días con tormentas eléctricas registra es la de Colima, por lo que se recomienda instalar pararrayos en los edificios más altos de esta ciudad y sobre todo en edificios estratégicos, ya que una tormenta eléctrica puede ocasionar daños a la red eléctrica y daños a los aparatos electrónicos como computadoras y sistemas expertos. Aun cuando el peligro de tormenta eléctrica en el municipio de Colima es bajo, en una sola ocasión puede provocar severos daños a los aparatos eléctricos.

Evitar salir de casa si no es necesario durante una tormenta eléctrica y/o cuando llueva. En caso de estar fuera evitar estar bajo los árboles o cerca de uno en mal estado ya que puede caer sobre este y derribarlo.

Alejarse de elementos que naturalmente atraen los rayos, como palos de golf, tractores, cañas de pescar, bicicletas o equipamiento de camping.

Alejarse de ríos, lagos u otras masas de agua. Si está solo en un potrero o pradera, y siente que su cabello se eriza (lo que indica que un relámpago está por caer), inclínese hacia delante, y ponga las manos en sus rodillas. Se recomienda una posición de pies juntos y encuclillado. No se acueste en el suelo y retire todos los objetos metálicos que se encuentren cerca.

6.14 LLUVIAS EXTREMAS

En caso de lluvias extremas se recomienda lo siguiente:

a. Maneje con moderación, revise las llantas y limpiaparabrisas de su auto y mire que las gomas de ellos estén en buen estado.
b. Evite salir a la calle y conducir si la lluvia o el viento son muy fuertes porque hay peligro de que árboles o postes caigan.
c. Si existe un aviso de tormenta fuerte, se recomienda organizar actividades en el interior del hogar y evitar estar en la calle.
d. Evite conducir por arterias donde el agua no permite buena visibilidad; puede que el pavimento tenga pozos o contenga aceites, que pueden ocasionar accidentes.
e. Evite guarecerse bajo árboles o cerca de alambradas; son más proclives a la caída de un rayo.
f. Evite acercarse a postes o cables de electricidad, podrían causarte lesiones graves o incluso la muerte.
g. Evite caminar de cualquier manera por zonas inundadas, aunque el nivel de agua sea bajo, puede subir rápidamente.

Evitar transitar las zonas donde se generan encharcamientos en temporadas de lluvias hasta que termine de escurrir el agua por las calles (durante la lluvia y 1 hora después) tales como Av. Venustiano Carranza, Tercer Anillo (Tramo Camino Real-Constitución), Av. Sevilla del Río cruce con Ignacio Sandoval, la zona centro y Av. de los Maestros, se mencionan los lugares con más problemas viales a la hora de encharcamiento, pero en el Mapa de puntos de inundación del municipio de Colima se pueden consultar todos los puntos de desbordamientos y encharcamientos.

En este apartado tomaremos en cuenta las acciones del estudio realizado por la UNAM para este fenómeno:

Reforestación con vegetación nativa para contención; conservación de vegetación nativa para contención; Instalación de gaviones; construcción de muro de contención en márgenes; construcción de muros de mampostería con lloraderos y zapata; construcción de muros de concreto armado y zapata.

Adecuar o construir colectores marginales con pozos de visita (superiores al nivel de inundación). Tratamiento o construcción de espacios residuales en torno a los cauces. El saneamiento del agua contamina en cauces: contaminación por agua residual y desechos sólidos que pueden generar enfermedades a la población. Restauración del ecosistema al escenario anterior al que los asentamientos humanos tuvieran efectos sobre la corriente y su entorno ambiental.

6.15 INUNDACIONES PLUVIALES, FLUVIALES, COSTERAS Y LACUSTRES

En este apartado tomaremos en cuenta las acciones del estudio realizado por la UNAM mostradas a continuación:

a) Reforestación con vegetación nativa para contención;
b) Conservación de vegetación nativa para contención
c) Instalación de gaviones;
d) Construcción de muro de contención en márgenes;
e) Construcción de muros de mampostería con lloraderos y zapata;
f) Construcción de muros de mampostería con lloraderos y
g) Construcción de muros de concreto armado y zapata.
h) Adecuar o construir colectores marginales con pozos de visita (superiores al nivel de inundación)
i) Tratamiento o construcción de espacios residuales en torno a los cauces.
j) El saneamiento del agua contamina en cauces: contaminación por agua residual y desechos sólidos que pueden generar enfermedades a la población. Restauración del ecosistema al escenario anterior al que los asentamientos humanos tuvieran efectos sobre la corriente y su entorno ambiental.

Se recomienda Identificar las zonas de inundación para la ciudad de Colima, utilizando los mapas de peligro para diferentes periodos de retorno. Identificar las viviendas en riesgo por inundación usando los mapas de riesgo por inundación para los diferentes cauces, para cada uno de los periodos de retorno.

Evitar el asentamiento irregular de viviendas en zonas cercanas a ríos.

Tomar en cuenta las zonas de inundación al planear la construcción de viviendas.

Evitar transitar las zonas donde se generan encharcamientos en temporadas de lluvias hasta que termine de escurrir el agua por las calles (durante la lluvia y 1 hora después) tales como Av. Venustiano Carranza, Tercer Anillo (Tramo Camino Real-Constitución), Av. Sevilla del Río cruce con Ignacio Sandoval, la zona centro y Av. de los Maestros, se mencionan los lugares con más problemas viales a la hora de encharcamiento pero en el Mapa de puntos de inundación del municipio de Colima se pueden consultar todos los puntos de desbordamientos y encharcamientos.

Planear e impartir pláticas sobre qué hacer en caso de una inundación y dar todas las recomendaciones posibles para evitar afectaciones.

ZONA NORTE DE LA CIUDAD DE COLIMA

Para garantizar un eficiente desalojo de aguas pluviales proveniente, se recomiendan las siguientes obras de acción inmediatas:

- **Mantenimiento y limpieza de la infraestructura existente**,
  Realizar periódicamente, limpieza y desazolve a la infraestructura pluvial existente.

- **Rehabilitar la infraestructura existente**,

- **Colectores Pluviales,**
  ZONA NORTE
  Las colonias situadas al norte de la ciudad de Colima no cuentan con un adecuado drenaje pluvial, sólo algunas de reciente construcción cuenta con colectores pluviales que descargan al arroyo ó río próximo a ellas, pero en su mayoría descargan el agua por gravedad hacia la Av. Venustiano Carranza, ocasionando inundación en las avenidas al sur.
  Por lo que se recomienda construir un sistema de colectores pluviales en la Av. Venustiano Carranza, en puntos estratégicos en el tramo de la Av. Diamantes a la Av. Felipe Sevilla del Río, situando las obras de captación (bocatormentas) sobre la Av. Venustiano Carranza, conducirlas hacía el Río Colima y descargarlas al río por medio de lavaderos pluviales.

ZONA SUR, NORORIENTE Y SURORIENTE.

Preveer en los fraccionamientos en construcción y/o en proyecto la construcción de colectores pluviales y descargarlos en los arroyos, ríos o canales próximos al fraccionamiento en construcción.

- **Obras de Protección y dragado**
  Dragar las secciónes intermedias de ríos y/o arroyos con la finalidad de aumentar su capacidad hidráulica.
  Reubicar las viviendas en riesgo.
  Rehabilitar estructuras de puentes existentes.
  Construir obras de protección como muros de contención y/o gaviones.

- **Limpieza y desazolve arroyos y ríos**
  Realizar limpieza y desazolve del Río Colima.
  Retirar árboles caídos o muertos, así como material no vegetal, basura, etc.

Tabla 6.2.- Propuesta de obras y acciones de los fenómenos hidrometeorológicos en el municipio de Colima.

PROPUESTAS DE OBRAS Y ACCIONES DE LOS FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS				
FENÓMENOS/ RIESGOS	**UBICACIÓN**	**CAUSA**	**OBRA O ACCIÓN PROPUESTA**	**OBSERVACIONES**
Ondas Cálidas	Municipios de Colima	Altas temperaturas	Evitar sitios cerradas o semicerrados donde el calor y la humedad sean elevados y actividades al aire libre cuando la temperatura exceda los 37°C.	Los seres humanos tenemos capacidad fisiológica para regular la temperatura interna de nuestro cuerpo, que se mantiene a unos 37 ° C. Si la temperatura corporal se eleva o cae desmesuradamente, el cuerpo reacciona originando enfermedades o incluso puede derivar en muerte.
Ondas Gélidas	Municipios de Colima	Bajas temperaturas	No Aplica	

PROPUESTAS DE OBRAS Y ACCIONES DE LOS FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS				
FENÓMENOS/ RIESGOS	**UBICACIÓN**	**CAUSA**	**OBRA O ACCIÓN PROPUESTA**	**OBSERVACIONES**
Sequías	Municipios de Colima	Escases de agua	1. Desarrollar nuevas fuentes de suministro y el uso de prácticas para incrementar los recursos. Almacene las aguas superficiales en embalses especialmente construidos para tal fin. 2. Reducir al mínimo las pérdidas por escorrentía, drenaje y evaporación. 3. Evitar la contaminación de las fuentes de agua y la deforestación. 4. Aumentar el uso de prácticas como: sembrar árboles, racionalizar el agua, reutilizar elementos, reciclar y reducir la cantidad de desechos, ahorrar energía.	
Heladas	Municipios de Colima	No aplica	No aplica	No aplica
Tormenta de granizo	Municipios de Colima	Tormenta de granizo	Ver el mapa de vulnerabilidad física de viviendas y plantear reforzar las viviendas que tengan vulnerabilidad física alta para evitar que en caso de impacto de una granizada, los proyectiles no puedan destruir la vivienda.	Se recomienda hacer talleres informativos de los efectos de las tormentas de granizo a la población del municipio de Colima con la finalidad de remarcar la importancia de mantenerse informados de los boletines que emite la Comisión Nacional del Agua a través del Servicio Meteorológico Nacional y la unidad de protección civil municipal.
Tormenta de Nieve	Municipios de Colima	No aplica	No aplica	No aplica
Ciclones Tropicales	Municipios de Colima	Vientos	Ver el mapa de vulnerabilidad física de viviendas y plantear reforzar las viviendas que tengan vulnerabilidad física alta para evitar que en caso de impacto de un ciclón, los vientos que este ocasione puedan destruir la vivienda.	Se recomienda hacer talleres informativos de los efectos de los ciclones tropicales a la población del municipio de Colima con la finalidad de remarcar la importancia de mantenerse informados de los boletines que emite la Comisión Nacional del Agua a través del Servicio Meteorológico Nacional y la unidad de protección civil municipal. Concientizar principalmente a la población que vive dentro de los límites de peligros de inundación o en el límite de la zona federal de ríos, ya que estos al desbordar pueden ocasionar severos daños a viviendas, autos, negocios, calles y por supuesto vidas humanas.
Ciclones Tropicales	Municipios de Colima	Lluvias	Evitar la construcción de viviendas y fraccionamientos dentro del área de peligro de inundación por desbordamiento de arroyos y ríos para períodos de retorno de 2, 5, 20, 50 y 100 años.	
Tornados	Municipios de Colima	No aplica	No aplica	No aplica

PROPUESTAS DE OBRAS Y ACCIONES DE LOS FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS				
FENÓMENOS/ RIESGOS	**UBICACIÓN**	**CAUSA**	**OBRA O ACCIÓN PROPUESTA**	**OBSERVACIONES**
Tormentas de polvo	Municipios de Colima	No aplica	No aplica	No aplica
Tormentas eléctricas	Municipios de Colima	Tormenta eléctrica	Instalar pararrayos en los edificios más altos de esta ciudad y sobre todo en edificios estratégicos, ya que una tormenta eléctrica puede ocasionar daños a la red eléctrica y daños a los aparatos electrónicos como computadoras y sistemas expertos	Se recomienda hacer talleres informativos de los efectos de las tormentas eléctricas a la población del municipio de Colima con la finalidad de remarcar la importancia de mantenerse informados de los boletines que emite la Comisión Nacional del Agua a través del Servicio Meteorológico Nacional y la unidad de protección civil municipal.
Lluvias extremas	Municipios de Colima	Encharcamiento e inundación	Evitar transitar las zonas donde se generan encharcamientos en temporadas de lluvias hasta que termine de escurrir el agua por las calles (durante la lluvia y 1 hora después) tales como Av. Venustiano Carranza, Tercer Anillo (Tramo Camino Real-Constitución), Av. Sevilla del Río cruce con Ignacio Sandoval, la zona centro y Av. de los Maestros.	
Lluvias extremas	Municipios de Colima	Encharcamiento e inundación	Reforestación con vegetación nativa para contención; conservación de vegetación nativa para contención; Instalación de gaviones; construcción de muro de contención en márgenes; construcción de muros de mampostería con lloraderos y zapata; construcción de muros de concreto armado y zapata.	
Lluvias extremas	Municipios de Colima	Encharcamiento e inundación	Adecuar o construir colectores marginales con pozos de visita (superiores al nivel de inundación). Tratamiento o construcción de espacios residuales en torno a los cauces. El saneamiento del agua contamina en cauces: contaminación por agua residual y desechos sólidos que pueden generar enfermedades a la población. Restauración del ecosistema al escenario anterior al que los asentamientos humanos tuvieran efectos sobre la corriente y su entorno ambiental.	
Inundación	19°16'59.57"N			

PROPUESTAS DE OBRAS Y ACCIONES DE LOS FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS				
FENÓMENOS/ RIESGOS	**UBICACIÓN**	**CAUSA**	**OBRA O ACCIÓN PROPUESTA**	**OBSERVACIONES**
	103°42'38.56"O Tramo de la Localidad del Chanal a Av. Real Santa Bárbara. (OYAI 1)	Azolve y el diámetro de tubería existente es insuficiente.	Limpiar y desazolvar el área, previo cálculos correspondientes sustituir la tubería por una de diámetro mayor.	
Inundación	19°16'31.06"N 103°42'52.71"O Tramo de Av. Diamantes a Calle Acerina. (OYAI 2)	Escurrimientos pluviales por gravedad de las colonias aledañas.	Obra de captación (boca tormenta) en la Av. Venustiano Carranza, conducir por Calle Acerina y descargarla al Río Colima.	
Inundación	19°16'39.64"N 103°41'22.94"O Tramo Altozano - Camino A La Capacha. (0YAI 3)	Falta de drenaje pluvial en las obras de acceso del Fraccionamiento Altozano.	Obra de Captación en el cruce sur de la Av. Ignacio Sandoval y Camino a La Capacha, conducir hacia el poniente y descargar pozo de infiltración o de ser posible hasta el arroyo Santa Gertrudis.	
Inundación	19°16'10.69"N 103°41'53.22"O (OYAI 5)	Falta de red de drenaje pluvial en las obras de acceso del Fraccionamiento Altozano, en el Fraccionamiento Colinas de Santa Fé y Centro Comercial Zentralia.	Obra de Captación en el cruce sur de la Av. Ignacio Sandoval y Camino a La Capacha, conducir hacia el poniente y descargar pozo de infiltración o en Arroyo Santa Gertrudis.	
Inundación	19°15'46.18"N 103°43'8.79"O	Escurrimientos pluviales por	Obra de captación (bocatormenta) en la Av. Venustiano Carranza, conducir por Calle San Cayetano y descargarla al Río Colima.	

PROPUESTAS DE OBRAS Y ACCIONES DE LOS FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS				
FENÓMENOS/ RIESGOS	**UBICACIÓN**	**CAUSA**	**OBRA O ACCIÓN PROPUESTA**	**OBSERVACIONES**
	Cruce de la Av. de la Paz y Av. Venustiano Carranza. (OYAI 6)	gravedad de las colonias aledañas.		
Inundación	19°16'12.80"N 103°42'58.96"O Tramo de Paseo Miguel de la Madrid Hurtado a calle Pedro Cervantes Vázquez. (OYAI 7)	Escurrimientos pluviales por gravedad de las colonias aledañas.	Obra de captación (boca tormenta) en la Av. Venustiano Carranza, conducir por Calle Pedro Cervantes Vázquez y descargarla al Río Colima.	
Inundación	19°14'9.82"N 103°43'35.21"O Cruce de las Calles Salvador Díaz Mirón Y J. Jesús Carranza. (OYAI 9)	Escurrimientos pluviales por gravedad de las colonias aledañas.	Obra de captación (boca tormenta) en el cruce sur de las calles Salvador Díaz Mirón J. Jesús Carranza, conducir por esta por la Calle Salvador Díaz Mirón y descargarla sobre el siguiente arroyo al poniente, a 98 m.	
Inundación	19°14'3.75"N 103°43'47.28"O Cruce de Av. 20 de Noviembre y calle J. Jesús Carranza. (OYAI 10)	Escurrimientos pluviales por gravedad de las colonias aledañas.	Obra de captación (boca tormenta) en el cruce sur de las Av. 20 de Noviembre y calle J. Jesús Carranza, conducir por la Av. 20 de Noviembre y descargarla sobre el siguiente arroyo al poniente a 35 m.	

PROPUESTAS DE OBRAS Y ACCIONES DE LOS FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS				
FENÓMENOS/ RIESGOS	**UBICACIÓN**	**CAUSA**	**OBRA O ACCIÓN PROPUESTA**	**OBSERVACIONES**
Inundación	19°13'55.20"N 103°43'32.50" Av. 20 de Noviembre, cruce del Arroyo Manrique. (OYAI 11)	Estrangulamiento del cauce, por construcciones edificadas en el margen del arroyo.	Realizar limpieza, desazolve, dragado y rehabilitación de elementos estructurales.	
Inundación.	19°13'58.15"N 103°44'55.53"O Calle Sauz, Col. Prados del Sur. (OYAI 12)	Escurrimientos pluviales por gravedad de las colonias aledañas.	Colocar obra de captación pluvial, boca tormenta en el cruce este de las calles Sauz y Mimbre, conducirlos por calle Sauz, descargar al Río Colima. Colocar muros de contención en los límites del cauce.	
Inundación	19°18'29.40"N 103°40'20.75"O Tramo Altozano - Camino a La Capacha. (OYAI 13)	Falta de drenaje pluvial en las obras de acceso del Fraccionamiento Altozano.	Colocar boca tormentas a lo largo de este tramo y descargarlas siempre y cuando sea factible a los cauces naturales que alimentan al Arroyo Santa Gertrudis o en su defecto construir pozos de infiltración.	
Inundación	Cauces de los Arroyos y Ríos.	Azolve	Dragar las secciones intermedias de los cauces de los arroyos y ríos y realizar limpieza.	
Inundación	Cauces de los Arroyos y Ríos.	Azolve.	Rehabilitación de estructuras de puentes.	
Inundación	Cauces de los Arroyos y Ríos.	Estrangulamiento de los cauces de arroyos y ríos.	Liberar los márgenes de los ríos y arroyos de edificaciones construidas sobre las riberas de éstos.	

HOJA EN BLANCO

REFERENCIAS

AGN, RH, V. 829, E. 129. Virreinato-13- capítulo VII (1700 – 1799) La vida en la villa de nuestra señora de la concepción de Zacatula en el siglo XVIII. Diapositiva núm. 13; publicado por: Ciriaco Ferraz en: http://slideplayer.es/slide/1061896/.

Archivo General de la Nación: GMRE, vol. 30, e.6,f.1. Informe del prefecto de Distrito de Colima al Secretario de Gobierno. En AGN: GMRE, vol. 30, e.6,f.1

Archivo Municipal de Colima. (1818).

Arreola, J. M. (1915). Catálogo de erupciones antiguas del volcán de Colima, en: Mem. Rev. Soc. Cient. Antonio Alzate, México, 32 (11-12):443-481.

Bárcena, M. (1887) Informe sobre el estado actual del Volcán de Colima, México.Imp.Sec.De Fomento.

Baum, R. A. (1976). Ciclones tropicales del este del Pacífico Norte de 1975". Revisión Tiempo Mensual, Abril (American Meteorological Society) 104 (4): 475 Bibcode. 1976MWRv.104.475B. doi:10.1175 / 1520-0493 (1976) 104 < 0475: ENPTCO> 2.0.CO; 2.

Blake, E. S; Gibney, E. J; Brown, D. P; Mainelli, M; Franklin, J. L; Kimberlain, T. B; Hammer, G. R. (2009). Ciclones Tropicales de la Cuenca del Pacífico Nororiental, 1949-2006. Estados Unidos Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA).

B.O.E. 22 de septiembre de 2012, Tomo 97, Núm. 46, p. 2, en: http://148.235.70.104/periodico/peri/22092012/sup03/32092201.pdf, consultado el 29 agosto de 2014.

Bretón, M. (2012). El Volcán de Fuego de Colima, seis siglos de actividad eruptiva, 1523-2010. México: Universidad de Colima.

Bretón, M. (2012). ¡Los volcanes! México; Ciencia Aventura 2. México: Universidad de Colima.

Bretón, M, León, Z., Campos, A., González, S., Ramírez, J. (2011). “Catálogo de Riesgos en el estado de Colima. Zonificación y análisis de las principales amenazas naturales y antropogénicas y estudio de las edificaciones esenciales”, en El impacto de los fondos mixtos en el desarrollo regional. CONACYT, Foro Consultivo Científico y Tecnológico, pp. 185-198.

Bretón, M.; Domínguez, T., y Navarro C. (2003). “El Tsunami de 1932 en Cuyutlán, Colima”. Reporte al Sistema Estatal de Protección Civil. México, Observatorio Vulcanológico: Universidad de Colima.

Bromhead, E.N. (1986). The Stability of Slopes. Surrey University Press/Chapman and Hall, New York.

Brunsden, D. y Prior, D.B. (1987). Slope Instability, John Wiley & Sons.Chichester, UK.

Bustamante, C. M. (1985). Cuadro Histórico de la Revolución Mexicana de 1810. Tomo IV. México: Facsímil.

Catálogo de la historia sísmica de Colima. (1896).

Catálogo de Riesgos en el Estado de Colima. (2008). Zonificación y Análisis de las Principales Amenazas Naturales y Antropogénicas y Estudio de Vulnerabilidad de las Edificaciones Esenciales. CREC: UCOL, FOMIX-CONACYT-Gobierno del Estado de Colima. Colima, México.

Centro Nacional de Prevención de Desastres. (2001). “Diagnóstico de peligros e identificación de riesgos de desastres. México: CENAPRED.

Central Pacific Tropical Cyclon, Season. (1992). Center Pacific Hurricane. Consultado el 12 de octubre de 2012.

Centro de información para el desarrollo del estado de Colima (2012). Análisis demográfico municipal en el estado de Colima. México: CIDECOL.

Colima Noticias. (nota de Juan Carlos Flores Carrillo). Reportan inundaciones y vehículos arrastrados tras fuerte tormenta. (16 de Agosto de 2013).

Collins, B., Znidarcic, D. (1997). “Triggering Mechanisms of Rainfall Induced Debris Flows”. II Simposio Panamericano de Deslizamientos, Río de Janeiro .pp. 277-286.

Comisión Nacional del Agua del Estado de Colima, Delegación Estatal. (CONAGUA – COLIMA).

Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas (2010). Indicadores sociodemográficos de la población total y la población indígena, 2010. México: CDI, en: www.cdi.gob.mx/index.php?ltemid=54id=245optoin=com_contenttask=view.

Comisión Intermunicipal de Agua Potable y Alcantarillado de los Municipios de Colima y Villa de Álvarez. Abastecimiento, en: http://ciapacov.gob.mx/Organismo/Abastecimiento.php, consultado el 29 de agosto de 2014.

Comisión de vivienda del estado de Guanajuato. (2011). Sistema de indicadores de vivienda, en: https://www.coveg.gob.mx/seiisv/modulos/secciones/publicaciones/Sistema_indicadores_gto.pdf.

Comisión Federal de Electricidad (1993). Manual de Obras Civiles de la, capítulo Diseño por Sismo.

CONABIO. Carta de Edafología de Colima, en: http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/.

Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. (2014). Sección de Entidades Federativas. México: CONEVAL, en: www.coneval.gob.mx.coordinacion/entidades/Paginas/inicioent.aspx. y https://www.sedesol.gob.mx/work/models/SEDESOL/Informes_pobreza/2014/Municipios/Colima/Colima_002.pdf.

Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (2012). Informe de pobreza y evaluación en el estado de Colima 2012. México: CONEVAL. en: http://desarrollosocial.guanajuato.gob.mx/coneval/informe-colima.pdf.

Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. (2010). Sección de Entidades Federativas. México: CONEVAL, en: www.coneval.gob.mx.coordinacion/entidades/Paginas/inicioent.aspx.

Consejo Nacional de Población. (2011) Índice de marginación por entidad federativa y municipio 2010. México: CONAPO, en: http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Indices_de_Marginacion_2010_por_entidad_federativa_y_municipio.

Consejo Nacional de Población. (2010). México: CONAPO, en: http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Proyecciones_Datos.

Consejo Nacional de Población. (2010). México: CONAPO, en: http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/zonas_metropolitanas_2010/cuadros/ZM_08.xsx.

Consejo Nacional de Población. (2010). Índice de Marginación Urbana 2010. México: CONAPO, en: www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Indice_de_marginación_urbana_2010.

Cortés, A. *et al*., Geología del Complejo Volcánico de Colima, 2005.

Crozier, M.J. (1986). Landslides: Causes, Consequences and Environment. Routledge: London.

Cruden & Fell. (1997). “Quantitative risk assessment for slopes and landslides –The State of the Art”, Proc. of the Int. Workshop on Landslide Risk Assessment, Honolulu, Balkema, pp. 3-12, IUGS Working Group on Landslides.

Cuadernillo Informativo de PRL: Temperaturas Extremas: http://www.saludlaboralugtmadrid.org/Biblioteca%20Interna/Publicaciones/CUADERNILLO%20TEMPERATURAS%20EXTREMAS%20LOW.pdf.

Cuencas hidrológicas con su disponibilidad media anual de aguas superficiales publicada (Actualización al 31 de diciembre de 2009).

Diario de Colima. Hemeroteca. Consultado en: www.diariodecolima.com. Viernes 16 agosto 2013 7:16 am.

Diario Oficial de la Federación. (2009). Cuencas hidrológicas con su disponibilidad media anual de aguas superficiales publicada. (Actualización al 31 de diciembre de 2009).

Díaz Severo, El Volcán de Colima, 1903. Folleto.

Dikau, R. Brunsden, D., Schrott, L. E; Ibsen, M.L. (1996). Landslide Recognition: identification, movement and causes, John Wiley and Sons.

Eastern North Pacific Cyclones. (1974). Part 1, Eastern North Pacific Cyclones 1974 Part 2.

Eastern North Pacific Hurricane Season of 1972.

El Comentario, jueves 2 de octubre de 2003, miércoles 15 de octubre de 2003, lunes 20 de octubre de 2003, Universidad de Colima. http://elcomentario.ucol.mx/verNoticia.php?id=1266905658.

El Noticiero. Viernes 16 de agosto de 2013.

Eslava, H; Jiménez, M; Salas, M; García, F; Vázquez, M; B. y Mendoza, D. (2006). “Elaboración de mapas de riesgo por inundaciones y avenidas súbitas en zonas rurales, con arrastre de sedimentos”. en: Guía Básica para la elaboración de atlas estales y municipales de peligros y riesgos. Fenómenos Hidrometeorológicos. México: CENAPRED.

Fema. (1989). Landslide Loses Reduction: a guide for State and Local Government Planning, Earthquake Hazards Reduction Series 52.

Fell, R. (1994). “Landslide risk assessment and acceptable risk”, Canadian Geotechnical Journal, Vol. 31, pp. 261-272.

Franklin, J. (25 de septiembre de 2002). "Tormenta tropical Julio. Discusión 2". NOAA.

Fiksel, J. (1996). Ingeniería de diseño medioambiental. Dfe, desarrollo integral de Productos. Madrid: Mcgraw-Hill de España, S.A.

Fuentes, M.O; Ramírez, M; G. L; Jiménez, E. M; Mendoza, E., Baeza R, D; C. (2006). “Elaboración de mapas de riesgo por inundaciones costeras por marea de tormenta”, en: Guía Básica para la elaboración de atlas estales y municipales de peligros y riesgos. Fenómenos Hidrometeorológicos. México: CENAPRED.

García, F., Fuentes, O. A. y Navarrete, S. L. (1999). “Análisis semicualitativo del comportamiento de las laderas en la ciudad de Tijuana durante la temporada de lluvias”, Informe RH/02/99. México: CENAPRED.

García, N. M. y Méndez K. (2006). Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos. Evaluación de la vulnerabilidad física y social. Versión electrónica 2014. México: CENAPRED, en: http://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/57.pdf.

Geertsema, M; Clague, J.J., Schwab, J.W., Evans, S.G. (2006). “An overview of recent large catastrophic landslides in northern British Columbia”. Canada.

Gracia, J. y Domínguez, R. (1998). Erosión. (Fascículo 8, 2da Edición) México, Centro Nacional de Prevención de Desastres. México: CENAPRED.

Guevara E, Quaas R y Fernández G (2006). Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos. Conceptos básicos sobre peligros, riesgos y su representación geográfica 2006. México: CENAPRED, en: http://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/44.pdf.

Guevara, E. Quaas R y Fernández, G. (2004). Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos. Evaluación de la vulnerabilidad física y social. México: CENAPRED, en: http://cambioclimatico.inecc.gob.mx/descargas/guia_basica_atlas.pdf.

Guevara, E; Gutiérrez, M; Ortiz, G; Pimentel, C; Quaas, R. y Sánchez,T. (2006) Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos. Fenómenos Hidrometeorológicos. 1ª.Ed. noviembre 2006. México: SEGOB, CENAPRED.

Gutiérrez, M. C; Ramírez, A. y Reyes, A. B. (2006). “Integración de información para la estimación del peligro sísmico”. En: Guía Básica para la elaboración de atlas estales y municipales de peligros y riesgos. Fenómenos Geológicos. México: CENAPRED.

H. Ayuntamiento Constitucional de Colima. (2012). Plan Municipal de Desarrollo. Gobierno Municipal 2012-2015. Consultado el 18 de agosto de 2014, en: www.colima.gob.mx.

H. Ayuntamiento Constitucional de Colima. (2009). Reglamento de zonificación del municipio de colima, 2009. en: http://www.colima-estado.gob.mx/transparencia/archivos/Reglamento-Zonificacion-Municipio-Colima.pdf.

H. Ayuntamiento Constitucional de Colima. Zona metropolitana Colima- Villa de Álvarez, en: http://www3.diputados.gob.mx/camara/content/download/224475/584430/file/ZM%20COLIMA-VILLA%20%C3%81LVAREZ.pdf.

H. Congreso del Estado de Colima. (1964). Decreto No. 146. Según la última reforma P.O. Tomo 98, núm. 65, p. 18. Colima, Col. Consultado el sábado 21 de diciembre de 2013.

Hernández, C. M., Torres, T. L. y Valdez, M. G. (2000). Sequía Meteorológica, en: C. Gay (comp.) México: una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México. Resultados de los estudios de la vulnerabilidad del país, coordinados por el INE con el apoyo del U.S. Country Studies Program, México: INE, SEMARNAP, UNAM, U.S. Country Studies Program, pp. 25-40.

Hernández, M. G. (2010). Cálculo de la tasa de erosión hídrica y propuesta de obras de conservación de suelo en la línea de tendido eléctrico la Ventosa-Julie, Oaxaca. Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Forestales Ingeniería en Restauración Forestal.

Hernández Unzón Alberto y Geog. Bravo Lujan Cirilo (2009). "Tormenta Tropical Olaf" . Servicio Meteorológico Nacional. Consultado el 02/Oct/2014.

Hutchinson J.N. (1988). “Mosphology and geotechnical parameters or landslides in relation to geology and hydrogeology”, en: Fifth International Symposium on landslides, Lausanne, pp. 3-35.

Informe del prefecto de Distrito de Colima al Secretario de Gobierno, en AGN: GMRE, vol. 30.

Instituto Geológico Minero de España. (1988). Riesgos geológicos. Madrid: Instituto Geológico Minero de España.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2014). Perspectiva estadística: Colima. México: INEGI, en: http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/estd_perspect/mar_2014/col/702825059439.pdf.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2010). Anuario estadístico por entidad federativa 2010. México: INEGI, en: http://www.inegi.gob.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/pais/aepef/2010/Aepef2010.pdf.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2010). Censo General de Población y Vivienda 2010. México: INEGI, en: http://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/proyectos/bd/consulta.asp?p=17118&c=27769&s=est.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Censos Económicos. (2009). Resultados oportunos. México: INEGI. Glosario, en: www.inegi.org.mx./est/contenidos/espanol/proyectos/censos/ce2009/.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2010). Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo. Tabulados básicos con características sociodemográficos y ocupacionales. México: INEGI, en: www.inegi.org.mx./est/contenidos/Proyectos/encuestas/hogares/enoe/.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2011). Panorama Sociodemográfico de Colima. México: INEGI. En: http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/censos/poblacion/2010/panora_socio/col/Panorama_Col.pdf.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2014). Anuario estadístico y geográfico de Colima 2014. México: INEGI. En: http://www3.inegi.org.mx/sistemas/productos/default.aspx?c=265&s=inegi&upc=702825051914&pf=Prod&ef=&f=2&cl=0&tg=13&pg=0&ct=106030000.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2010). Censo General de Población y Vivienda 2010. Tabulados del cuestionario básico. México: INEGI. En: http://www3.inegi.org.mx/sistemas/tabuladosbasicos/default.aspx?c=27302&s=est.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2010). Principales resultados del Censo de Población y Vivienda 2010 Colima. México: INEGI En: http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/censos/poblacion/2010/princi_result/col/06_principales_resultados_cpv2010.pdf.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aspectos generales del territorio mexicano. Recursos Naturales. Edafología. México: INEGI, en: http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mapa/espacioydatos/ Consultado en agosto de 2014.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Carta Fisiográfica 1 1000 000. México: INEGI.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Unidades y subunidades del subsuelo. México: INEGI, en: http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/geografia/publicaciones/guias-carto/edafo/EdafIII.pdf. Consultado el 01 de octubre de 2014.

Instituto de Planeación para el Municipio de Colima. (2010). en: http://www.ipco.gob.mx/index.php?option=com_content&view=frontpage&Itemid=1.

Instituto para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. (2010). Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México. Estado de Colima. México: INAFED SEGOB, en: http://www.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM_Colima.

Jiménez, E. M. y Baeza, R. C. (2006). “Identificación de trayectorias de ciclones tropicales mediante el uso del programa de cómputo: Busca Ciclones”. en: Guía Básica para la elaboración de atlas estales y municipales de peligros y riesgos. Fenómenos Hidrometeorológicos. México: CENAPRED.

Jiménez E. M. Baeza R. C. Matías R. Lucía G., y Eslava M. H. (2012). “Mapas de índices de riesgo a escala municipal por fenómenos hidrometeorológicos”. México: CANPRED.

Jiménez E. M. Matías R. Lucía G., y Eslava M. H. (2009). “Mapas de riesgos a escala municipal por inundaciones y bajas temperatura”. México: CENAPRED.

Jiménez E. M. Matías R. Lucía G. García J. F. Vázquez C. M. Mendoza D. R. y Renner, S. (2006). “Análisis del peligro y vulnerabilidad por bajas temperaturas y nevadas”. En: Guía Básica para la elaboración de atlas estales y municipales de peligros y riesgos. Fenómenos Hidrometeorológicos. México: CENAPRED.

KIely, Gerard Environmental engineering. Boston: Mcgraw-Hill de España, S.A., 1996.

Kninine D.P. y Judd, W.R. 1980. Principios de Geología y Geotecnia para Ingenieros, Ediciones Omega, Barcelona.

Komorowski, J.C. (1997) The Colima Volcanic Complex, *et al*., IAVCEI General Assembly. Puerto Vallarta-México. Enero 19-24.

Legget R.F. y Karrow P.F. 1986. Geología Aplicada a la Ingeniería Civil ,Mc Graw-Hill.

Leroi, E., "Landslide risk mapping: Problems, limitations and developments", Landslide risk assessment, Cruden & Fell (eds), Balkema, pp. 239-250, 1997.

Ley Ambiental para el Desarrollo Sustentable del Estado de Colima. Artículo 94, Decreto del H. Ayuntamiento Constitucional de Colima, Tomo 97 Colima, Sábado 07 abril del año 2012; Núm. 20, pág. 20.

Luhr J.F., Carmichael I.S.E., 1990, Geology of Volcan de Colima. Bol. Inst. Geol:, UNAM, 107, 101p.

Marsal, R.J. y Mendoza, M.J. 1985. cambios en las propiedades geotécnicas de algunos suelos trópico residuales debido al tratamiento previo a su ensaye, Publicación No. 48, CFE, México.

Martínez Bringas, Alicia; Gómez Vázquez, Ángel, y De la Cruz-Reyna, Servando (2004). "Elaboración de mapas de peligros volcánicos". En: Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos, México: CENAPRED, pp. 99-134.y (2006).

Martínez, Alicia y Gómez, Ángel. (2006). "Evaluación del peligro por cenizas volcánicas". En: Guía Básica para la elaboración de atlas estales y municipales de peligros y riesgos. Fenómenos Geológicos. México: CENAPRED.

Martínez, Alicia; Gómez, Ángel, y Hernández, Teófilo (2006). "Evaluación de peligros por lahares". En: Guía Básica para la elaboración de atlas estales y municipales de peligros y riesgos. Fenómenos Geológicos. México: CENAPRED.

Matías Ramírez, Lucia G.; Fuentes Mariles, Óscar A., y García Jiménez, Fermín (2007). Heladas. México: Centro Nacional de Prevención de Desastres. México: CENAPRED.

Medidas de prevención contra la sequía. http://comunidadplanetaazul.com/agua/tips-planeta-azul/medidas-de-prevencion-contra-la-sequia/.

Mendoza L, Manuel J., y Domínguez M, Leobardo (2006). "Estimación del peligro y el riesgo de deslizamiento en laderas". En: Guía Básica para la elaboración de atlas estales y municipales de peligros y riesgos. Fenómenos Geológicos. México: CENAPRED.

Mendoza L, Manuel J., y Domínguez M, Leobardo. (2004) "Integración de información para la estimación del peligro Sísmico". En: Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. México: CENAPRED. pp. 61-98.

Mendoza, M. J., Domínguez, L. y Melara, E. E., (2002). "Deslizamiento y flujo de tierras en una ladera debidos a un sismo: el caso de "Las Colinas", Santa Tecla, El Salvador C. A., del 13 de enero del 2001", Memorias de la XXI Reunión Nal. de Mec. de Suelos, Queretaro Qro., Vol. 1, pp.399-408, México.

Mendoza, M.J., Noriega, I. y Domínguez, L. (2000). Deslizamientos de laderas en Teziutlán, Pue., provocados por las lluvias intensas de octubre de 1999. SEGOB, CENAPRED., Memorias de la XX Reunión Nal. de Mec. de Suelos,Puebla, Pue., SMMS, Vol. 1, pp. 49-58, México.

Mestre Martí María. (2011). La llegada de la modernidad a la ciudad de Colima.

Morgenstern, N. R., “Toward landslide risk assessment in practice”, Proc. of the Int. Workshop on Landslide Risk Assessment, Honolulu, Balkema, pp. 15-23, 1997.Peck, R. B., “Stability of natural slopes”, Journal of the Soil Mechs. and Foundations Div.,ASCE, Vol. 93, No. SM4, pp. 403-417, 1967.

National Hurricane Center, “Tropical Cyclone Report, Hurricane Manuel, 2013”; “Tropical Weather Outlook". August 31, 2011. “Tropical Depression One-E Discussion 1". Retrieved August 30, 2011. "Preliminary Report Hurricane Winifred". . p.1. Revisado el 02/Oct/2014. "NHC Graphical Outlook Archive".

Navarro, C. *et al*. (2003) Mapa de Peligros del volcán de Fuego de Colima. Universidad de Colima.

Neil L. Frank (April 1972)."Atlantic Tropical Systems of 1971".

Ochoa Ramírez, Alejandro (2002). Criterios bioclimáticos para la planificación urbana. Caracterización de dos entornos urbanos de la ciudad de Colima. Tesis de maestría. Universidad de Colima. México.

Ordoñez, E. “Les derniernes éruptions du Volcan de Colima”, en Memorias de la Sociedad Científica Antonio Alzate, México. Imprenta del Gobierno Federal en el ex Arzobispado, 1903, p. 99-103; Starr, 1903. Véase tb., Ortoll, S. (Comp.) 1998. Colima, textos de su historia, tomo 2, pp. 206-209.

Orozco, M.N.(1869), Observaciones hechas en el mes de agosto de 1869 (por el ingeniero Miguel N. Orozco) de los fenómenos ígneos del volcán de Colima: Colima, Imprenta. del Gobierno del Estado a cargo de L. Orosco.

Orozco y Berra, J. D. (1887), Efemérides Sísmicas Mexicanas, Mem. Soc. Cientif. Antonio Alzate, México, 1, 303-541.cfr: http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/Febrero2006/CD-2/pdf/spa/doc4647/doc4647-contenido.pdf

Peregrina Sánchez José Alberto, [en línea], Colima. Historia de las Instituciones Jurídicas. Parte I. Historia de las Instituciones Jurídicas del Estado Libre y Soberano de Colima, 1824-1857. En: http://biblio.juridicas.unam.mx/libros/libro.htm?l=2890.

Plan Municipal de Desarrollo 2012 – 2015. (2012). Municipio de Colima, en: http://www.colima.gob.mx/2010/upl/sec/PLAN%20DE%20DESARROLLO.pdf. Consultado en septiembre de 2014.

Plan de Manejo Integral de los Cauces Urbanos de la Zona Metropolitana de Colima-Villa de Álvarez, Informe final del: Instituto de Ingeniería UNAM (diciembre 2011), Elaborado para: Secretaría de Desarrollo Urbano, Gobierno del Estado de Colima.

Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, “México en Paz”; Objetivo 1.6.

Prieto González, Ricardo; Avendaño García, Ma. Asunción; Matías Ramírez, Lucia G., y Eslava Morales, Héctor (2010). "Tormentas severas”. Serie Fascículos, (1a. Edición), México: CENAPRED.

Programa Municipal de Ordenamiento Territorial de Colima (PMOT). SEDESOL, 2012. http://www.ipco.gob.mx/pmot/PMOT.pdf.

Programa Sectorial de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano 2013-2018 a través del Objetivo 2.

Reglamento de zonificación del municipio de Colima, 2009, en: http://www.colima-estado.gob.mx/transparencia/archivos/Reglamento-Zonificacion-Municipio-Colima.pdf.

Reglas de Operación del Programa de Prevención de Riesgos en los Asentamientos Humanos, para el ejercicio fiscal 2014. Diario Oficial, domingo 29 de diciembre de 2013, Novena Sección.

Robbie Berg. "Tropical Weather Outlook". National Hurricane Center. Retrieved August 29, 2011.

Robles, A., 1853, III, p. 35. http://www.elsoldelsurtampico.com/federico-ju%C3%A1rez-andonegui/historias-de-mexico/.

Salas, M.A. (2011). Metodología para la elaboración de mapas de riesgo por inundaciones en zonas urbanas. México: CENAPRED.

Saucedo-Girón, R., 1997, Reconstrucción de la erupción de 1913 del volcán de Colima: México, D. F., Universidad Nacional Autónoma de México, Colegio de Ciencias y Humanidades, Unidad Academica de los Ciclos Profesional y de Posgrado, Tesis de maestría.

Schulze, Peter C. (1996). Engineering within ecological constraints Washington: National Academy Of Sciences.

Schuster, R.L. y Krizek, R.J. (Eds.) 1978. Landslides Analysis and Control. Transport Research Board, Special Report.

SEDUR. Secretaría de Desarrollo Urbano. Caracterización Ambiental. Descripción del Medio Físico y Natural del Estado de Colima. En : http://www.sedur.col.gob.mx/ecologia/secciones/caracterizacion.php. y http://www.sedur.col.gob.mx/ecologia/secciones/caracterizacion.php.

Servicio Geológico Mexicano (2007). Inventario Físico de los Recursos Minerales del Municipio de Colima, Estado de Colima.

Servicio Geológico Mexicano (2008).. Informe geológico minero carta Colima E13-B44 Esc. 1:50000.

Servicio Geológico Mexicano (2008). Informe geológico minero carta Los Tepames E13-B45 Esc. 1:50000. Físico de los Recursos Minerales del Municipio de Colima, Estado de Colima.

Servicio Meteorológico Nacional. Clasificación de la Intensidad de la Sequía. http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=237:clasificacion-de-la-severidad-de-la-sequia&catid=16:general&Itemid=167.

Servicio Sismológico Nacional.

Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU). 2014. Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo.

Secretaría de Desarrollo Social. (2010). Informe Anual Sobre la Situación de Pobreza y Rezago Social; Índice Nacional de Pobreza. SEDESOL. En: www.sedesol.gob.mx/es/SEDESOL/Informe_Poreza_Colima.

Somarriba, Matilde; Obando Miguel, y Alonso, Jorge (2005) Manual de métodos sencillos para estimar erosión hídrica. Documento No. 502. Serie Técnica 5/2005.

Suárez Jaime. Deslizamientos. Tomo I; Análisis Geotécnico. p. 21-26, en: http://www.erosion.com.co/deslizamientos-tomo-i-analisis-geotecnico.html, consultado el 2 de septiembre de 2014.

Suárez Jaime. Deslizamientos. Tomo II; Técnicas de Remediación. p. 334-338, en: http://www.erosion.com.co/deslizamientos-tomo-ii-tecnicas-de-remediacion.html,consultado el 2 de septiembre de 2014.

Terzaghi K. y Peck, R. B. (1967). Soil Mechanics in Engineering Practice, Wiley International.

Tello, F.A., (1651). Libro segundo de la Crónica Miscelánea en que se trata de la conquista espiritual y temporal de la Santa Provincia de Xalisco en el Nuevo Reino de la Galicia y Nueva Vizcaína y Descubrimiento del nuevo México..., Imprenta de la República Literaria, Guadalajara. México.

Todd Kimberlain (August 29, 2011). "Tropical Weather Outlook". National Hurricane Center. Retrieved August 29, 2011.

Turner, A.K. y Schuster, R.L. (1996). Landslides, investigation and mitigation. Transportation Research Board, National Research Council, Special Report 247. National Academy Press, Washington D.C.

Unión Internacional de Ciencias del Suelo (IUSS), 2014.

Vizcaíno, Juan (1971). El volcán de Fuego. La Antorcha 1: II.

Volcanic Explosivity Index (VEI) de Newhall, C. and Self, S (1982) An estimate of explosive magnitude for historical volcanism". Journal of Geophysical Research, vol. 87 (C2): 1231–1238.

Waitz, P.(1935) Datos históricos y bibliográficos acerca del volcán de Colima. Memorias y revistas de la Sociedad Científica: Antonio Alzate, México, 53 (9-19).

WP/WLI (International Geotechnical Societies UNESCO Working Party for World Landslide Inventory), 1995. Velocity classes for landslides, Bulletin International Association of Engineering Geology.

Zaruba, Q. and Mencl, V. (1982). Landslides and Their Control, 2nd edition. Elsevier, Amsterdam, Oxford.

Zebrowski, E. (1997) Perils of a restess planet, scientific perspectives on natural disasters Cambridge University Press.

Elaboró:

Grupo de Análisis, Evaluación y Gestión de Riesgos de la Universidad de Colima.

Integrantes:

Dr. Mauricio Bretón González (Coordinador)

Dr. Juan José Ramírez Ruiz

Dr. J. Jesús Muñiz Murguía

Dr. Jorge González González

M.C. Sebastián González Zepeda

M.C. Hydyn Santiago Jiménez

M.C. Armando Téllez Alatorre

M.C. Arnoldo Campos Chávez

M.C. Zoraida Soledad León Paz

M.C. Imelda Plascencia Manzo

M.P.A. Micaela Espíndola Mendoza

Ing. Eliseo Alatorre Chávez

Ing. Pedro Santiago Jiménez

Lic. Héctor Hernani Mata Valdés

Arq. Liliana Plascencia Manzo

T. Luz María Orozco Mendoza

T. Víctor Alfonso Hernández Jaramillo

T. José Daniel Ramírez Zamora

Ing. José Luis Fonseca Vázquez

C.P. Olivia Patrón Campos

Lic. Karla Teresa Vargas López

Lic. Mario Olvira Navarro