



**TOMO III**

**FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS**

## Índice

|  |     |
|--|-----|
| III. Fenómenos Hidrometeorológicos.....  | 8   |
| III.1 Ciclón tropical.....   | 8   |
| Identificación de peligro por Ciclones Tropicales .....  | 8   |
| Metodología para la identificación del Peligro .....   | 11  |
| III.2 Inundaciones costeras por Marea de Tormenta .....  | 16  |
| Determinación de la amplitud de la marea de tormenta y áreas inundables con agua marina. ....                    | 17  |
| Datos y cálculos auxiliares .....  | 18  |
| Construcción de mapas de peligro por inundaciones costeras .....   | 20  |
| Estimación de la vulnerabilidad .....  | 30  |
| Evaluación del riesgo.....   | 35  |
| III.3 Inundaciones pluviales y fluviales .....   | 47  |
| Metodología empleada para el análisis hidrológico .....  | 48  |
| Resultados del análisis hidrológico .....  | 54  |
| Modelación y mapas de peligro por inundaciones fluviales para los principales escurrimientos del municipio ..... | 70  |
| Registro Histórico y susceptibilidad de riesgo por inundaciones pluviales en el municipio .....                  | 80  |
| Vulnerabilidad de vivienda por inundaciones pluviales y fluviales .....  | 90  |
| III.4 Tormentas eléctricas .....   | 103 |
| III.5 Sequías .....  | 104 |
| III.6 Ondas cálidas .....  | 110 |
| III.7 Ondas gélidas .....  | 115 |
| Bibliografía.....  | 116 |
| Anexos.....  | 119 |

## Índice de Cuadros

|  |     |
|--|-----|
| Cuadro 1. Escala de daño potencial de Saffir-Simpson.....  | 9   |
| Cuadro 2. Ciclones que han tocado tierra en el municipio.....  | 12  |
| Cuadro 3. Huracanes registrados a 200km o menos del litoral municipal (1960-2019) .....                                      | 14  |
| Cuadro 4. Ciclones tropicales registrados a 200km o menos del litoral municipal.....   | 14  |
| Cuadro 5. Cálculo de periodo de retorno para huracanes y tormentas tropicales en el municipio (1960-2019).....               | 15  |
| Cuadro 6. Amplitud de la marea de tormenta.....  | 19  |
| Cuadro 7. Índice de vulnerabilidad según el tipo de vivienda.....  | 30  |
| Cuadro 8. Identificación del tipo de viviendas .....   | 30  |
| Cuadro 9. Precipitaciones máximas anuales Estación San Marcos.....   | 50  |
| Cuadro 10. Precipitaciones máximas anuales Estación San José del Valle .....   | 51  |
| Cuadro 11. Precipitaciones máximas anuales Estación La Desembocada .....   | 51  |
| Cuadro 12. Precipitaciones máximas anuales Estación Las Gaviotas.....  | 52  |
| Cuadro 13. Precipitaciones máximas anuales Estación Valle de Banderas .....  | 53  |
| Cuadro 14. Precipitaciones de los años de registro en las Estaciones Climatológicas.....                                     | 54  |
| Cuadro 15. Precipitación promedio mensual y anual de las Estaciones Climatológicas.....                                      | 55  |
| Cuadro 16. Homogeneidad de las muestras climatológicas .....   | 55  |
| Cuadro 17. Periodos de retorno de las precipitaciones máximas a 24 Hrs de la estación climatológica San Marcos .....         | 56  |
| Cuadro 18. Periodos de retorno de las precipitaciones máximas a 24 Hrs de la estación climatológica San José del Valle ..... | 56  |
| Cuadro 19. Periodos de retorno de las precipitaciones máximas a 24 Hrs de la estación climatológica La Desembocada.....      | 58  |
| Cuadro 20. Periodos de retorno de las precipitaciones máximas a 24 Hrs de la estación climatológica Las Gaviotas .....       | 60  |
| Cuadro 21. Periodos de retorno de las precipitaciones máximas a 24 Hrs de la estación climatológica Valle de Banderas .....  | 61  |
| Cuadro 22. Ajuste de precipitación para periodos de retorno .....  | 69  |
| Cuadro 23. Gasto de Diseño m <sup>3</sup> /s, Arroyo del Indio o Las Ánimas .....  | 72  |
| Cuadro 24. Gasto de Diseño m <sup>3</sup> /s, San Francisco.....   | 73  |
| Cuadro 25. Gasto de Diseño m <sup>3</sup> /s .....   | 74  |
| Cuadro 26. Gasto de Diseño m <sup>3</sup> /s, Tondoroque.....  | 75  |
| Cuadro 27. Gasto de Diseño m <sup>3</sup> /s, La Ceiba.....  | 76  |
| Cuadro 28. Gasto de Diseño m <sup>3</sup> /s Guastitán.....  | 77  |
| Cuadro 29. Localidades afectadas por el Río Ameca.....   | 80  |
| Cuadro 30. Categorías y clasificación del SPI .....  | 107 |
| Cuadro 31. Categoría y clasificaciones del SPI 6 meses.....  | 108 |
| Cuadro 32. Categoría 12 meses .....  | 109 |
| Cuadro 33. Reporte de daños por sequías.....   | 109 |
| Cuadro 34. Eventos de ondas de calor.....  | 111 |
| Cuadro 35. Eventos de ondas de calor por año.....  | 113 |
| Cuadro 36. Periodos de retorno para número de eventos (ondas de calor) en el año.....  | 114 |

## Índice de Mapas

|   |    |
|---|----|
| Mapa 1. Ciclones tropicales por municipio de 1949 a 2015 .....  | 11 |
| Mapa 2. Ubicación de ciclones que han tocado tierra en el municipio .....   | 13 |
| Mapa 3. Peligro por ciclones en el municipio .....  | 16 |
| Mapa 4. Peligro de inundaciones costeras por marea de tormenta.....   | 20 |
| Mapa 5. Peligro por inundaciones costeras de marea de tormentas Tr: 1 Año .....   | 21 |
| Mapa 6. Peligro por inundaciones costeras de marea de tormentas Tr: 2.5 Años, Nuevo Vallarta y Punta de Mita.....               | 22 |
| Mapa 7. Peligro por inundaciones costeras de marea de tormentas Tr: 4 Años, Nuevo Vallarta y Costa Norte .....                  | 23 |
| Mapa 8. Peligro por inundaciones costeras de marea de tormentas Tr: 6 Años, Nuevo Vallarta, Punta de Mita y Costa Norte.....    | 24 |
| Mapa 9. Peligro por inundaciones costeras de marea de tormentas Tr: 9 Años, Nuevo Vallarta, Punta de Mita y Costa Norte.....    | 26 |
| Mapa 10. Peligro por inundaciones costeras de marea de tormentas Tr: 108 Años, Nuevo Vallarta, Punta de Mita y Costa Norte..... | 28 |
| Mapa 11. Vulnerabilidad por tipología de vivienda, Nuevo Vallarta .....   | 31 |
| Mapa 12. Vulnerabilidad por tipología de vivienda, Bucerías y La Cruz de Huanacaxtle ..   | 31 |
| Mapa 13. Vulnerabilidad por tipología de vivienda Punta de Mita.....  | 32 |
| Mapa 14. Vulnerabilidad por tipología de vivienda, Litibú .....   | 32 |
| Mapa 15. Vulnerabilidad por tipología de vivienda, Sayulita .....   | 33 |
| Mapa 16. Vulnerabilidad por tipología de vivienda, San Francisco .....  | 33 |
| Mapa 17. Vulnerabilidad por tipología de vivienda, Lo de Marcos.....  | 34 |
| Mapa 18. Riesgo de inundación Costera por Tormenta Tropical.....  | 37 |
| Mapa 19. Riesgo de inundación Costera por Huracán Categoría 1 .....   | 38 |
| Mapa 20. Riesgo de inundación Costera por Huracán Categoría 2, Nuevo Vallarta .....   | 39 |
| Mapa 21. Riesgo de inundación Costera por Huracán Categoría 2, Punta de Mita y La Cruz de Huanacaxtle .....                     | 39 |
| Mapa 22. Riesgo de inundación Costera por Huracán Categoría 2, San Francisco y Lo de Marcos .....                               | 40 |
| Mapa 23. Riesgo de inundación Costera por Huracán Categoría 3, San Francisco y Lo de Marcos .....                               | 40 |
| Mapa 24. Riesgo de inundación Costera por Huracán Categoría 3, Punta de Mita y La Cruz de Huanacaxtle .....                     | 41 |
| Mapa 25. Riesgo de inundación Costera por Huracán Categoría 3, Nuevo Vallarta .....   | 41 |
| Mapa 26. Riesgo de inundación Costera por Huracán Categoría 4, Nuevo Vallarta .....   | 42 |
| Mapa 27. Riesgo de inundación Costera por Huracán Categoría 4, Bucerías y La Cruz de Huanacaxtle .....                          | 42 |
| Mapa 28. Riesgo de inundación Costera por Huracán Categoría 4, Punta de Mita .....  | 43 |
| Mapa 29. Riesgo de inundación Costera por Huracán Categoría 4, Sayulita y San Francisco .....                                   | 43 |
| Mapa 30. Riesgo de inundación Costera por Huracán Categoría 4, San Marcos.....  | 44 |
| Mapa 31. Riesgo de inundación Costera por Huracán Categoría 5, Nuevo Vallarta .....   | 44 |



|  |    |
|--|----|
| Mapa 32. Riesgo de inundación Costera por Huracán Categoría 5, La Cruz de Huanacastle y Bucerías ..... | 45 |
| Mapa 33. Riesgo de inundación Costera por Huracán Categoría 5, Punta de Mita .....                     | 45 |
| Mapa 34. Riesgo de inundación Costera por Huracán Categoría 5, Litibú .....                            | 46 |
| Mapa 35. Riesgo de inundación Costera por Huracán Categoría 5, Sayulita y San Francisco .....          | 46 |
| Mapa 36. Riesgo de inundación Costera por Huracán Categoría 5, Lo de Marcos.....                       | 47 |
| Mapa 37. Áreas de inundación del arroyo El Indio en Bucerías .....                                     | 73 |
| Mapa 38. Área de inundación en San Francisco .....   | 74 |
| Mapa 39. Área de inundación en Lo de Marcos.....   | 75 |
| Mapa 40. Áreas de inundación del escurrimiento innominado en Tondoroque.....                           | 76 |
| Mapa 41. Área de inundación en San Juan de Abajo. ....   | 77 |
| Mapa 42. Inundación del Río Ameca .....  | 78 |
| Mapa 43. Inundación por Río Ameca (zona serrana).....  | 78 |
| Mapa 44. Inundación por Río Ameca (zona centro) .....  | 79 |
| Mapa 45. Inundación por Río Ameca (zona costera) .....   | 79 |
| Mapa 46. Áreas de inundación en Bucerías .....   | 81 |
| Mapa 47. Área de inundación en La Cruz de Huanacastle .....  | 82 |
| Mapa 48. Área de inundación en San Francisco .....   | 83 |
| Mapa 49. Área de inundación en Lo de Marcos.....   | 84 |
| Mapa 50. Área de inundación en San José del Valle.....   | 85 |
| Mapa 51. Área de inundación en San Vicente .....   | 86 |
| Mapa 52. Área de inundación de San Juan de Abajo .....   | 87 |
| Mapa 53. Área de inundación de Valle de Banderas.....  | 88 |
| Mapa 54. Área de inundación en Valle Dorado, Mezcales .....  | 89 |
| Mapa 55. Área de inundación en Sayulita.....   | 90 |
| Mapa 56. Vulnerabilidad por tipología de vivienda, Bucerías .....                                      | 91 |
| Mapa 57. Vulnerabilidad por tipología de vivienda, El Colomo .....                                     | 91 |
| Mapa 58. Vulnerabilidad por tipología de vivienda, Los Sauces y Fortuna de Vallejo .....               | 92 |
| Mapa 59. Vulnerabilidad por tipología de vivienda, Litibú .....  | 92 |
| Mapa 60. Vulnerabilidad por tipología de vivienda, La Cruz de Huanacastle .....                        | 93 |
| Mapa 61. Vulnerabilidad por tipología de vivienda, Lo de Marcos.....                                   | 93 |
| Mapa 62. Vulnerabilidad por tipología de vivienda, Mezcales .....                                      | 94 |
| Mapa 63. Vulnerabilidad por tipología de vivienda, Nuevo Vallarta .....                                | 94 |
| Mapa 64. Vulnerabilidad por tipología de vivienda, Punta de Mita.....                                  | 95 |
| Mapa 65. Vulnerabilidad por tipología de vivienda, San Francisco .....                                 | 95 |
| Mapa 66. Vulnerabilidad por tipología de vivienda, San José.....                                       | 96 |
| Mapa 67. Vulnerabilidad por tipología de vivienda, San Juan.....                                       | 96 |
| Mapa 68. Vulnerabilidad por tipología de vivienda, San Vicente.....                                    | 97 |
| Mapa 69. Vulnerabilidad por tipología de vivienda, Sayulita .....                                      | 97 |
| Mapa 70. Vulnerabilidad por tipología de vivienda, Valle de Banderas.....                              | 98 |
| Mapa 71. Vulnerabilidad por tipología de vivienda, Sierra .....  | 98 |
| Mapa 72. Riesgo de inundación fluvial San Francisco .....  | 99 |

|   |     |
|---|-----|
| Mapa 73. Riesgo de inundación fluvial El Indio .....  | 99  |
| Mapa 74. Riesgo de inundación fluvial Tondoroque .....  | 100 |
| Mapa 75. Riesgo de inundación fluvial San Juan.....   | 100 |
| Mapa 76. Riesgo de inundación fluvial Lo de Marcos.....   | 101 |
| Mapa 77. Riesgo de inundación fluvial Río Ameca Centro .....  | 101 |
| Mapa 78. Riesgo de inundación fluvial Río Ameca Costa.....  | 102 |
| Mapa 79. Riesgo de inundación fluvial Río Ameca Sierra .....  | 102 |
| Mapa 80. Grado de Peligro por tormentas eléctricas.....   | 104 |
| Mapa 81. Peligro por sequías .....  | 110 |
| Mapa 82. Índice de peligro por ondas de calor a escala municipal basado en la probabilidad anual de ocurrencia..... | 115 |

## Índice de Ecuaciones

|                   |    |
|-------------------|----|
| Ecuación 1 .....  | 12 |
| Ecuación 2 .....  | 17 |
| Ecuación 3 .....  | 18 |
| Ecuación 4 .....  | 18 |
| Ecuación 5 .....  | 36 |
| Ecuación 6 .....  | 49 |
| Ecuación 7 .....  | 50 |
| Ecuación 8 .....  | 70 |
| Ecuación 9 .....  | 71 |
| Ecuación 10 ..... | 72 |

## Índice de Figuras

|  |     |
|--|-----|
| Figura 1. Funciones de Vulnerabilidad para Vivienda .....  | 34  |
| Figura 2. Ecuaciones de distribución de probabilidades .....   | 49  |
| Figura 3. Evolución y porcentaje de área del país afectada con una o varias categorías de sequía ..... | 105 |
| Figura 4. Relación de precipitación diaria en la estación Las Gaviotas .....                           | 107 |
| Figura 5. Frecuencias y probabilidad de SPI precipitación – estudio de 6 meses .....                   | 108 |
| Figura 6. Frecuencias y probabilidad de SPI precipitación de 12 meses .....                            | 108 |
| Figura 7. Temperaturas máximas diarias de la A) estación Gaviotas y B) estación San José .....         | 111 |
| Figura 8. Eventos de onda de calor con temperatura $\geq$ a 37°C y mínimas $\geq$ a 24°C .....         | 114 |

## Índice de Anexos

|  |     |
|--|-----|
| Anexo 1. Cálculos de amplitud de Tormenta para Bahía de Banderas ..... | 119 |
|--|-----|

### **III. Fenómenos Hidrometeorológicos**

Son aquellos que se relacionan ampliamente con los procesos naturales de la atmósfera y que son causados por los vientos, los cambios de presión, el ciclo del agua y las regiones térmicas.

Dentro de este conjunto de fenómenos, en el municipio se presentan: temperaturas extremas, tormentas eléctricas, inundaciones, lluvias extremas y otros efectos como la desertificación, los incendios forestales y las sequías.

#### **III.1 Ciclón tropical**

México es un país vulnerable a la influencia de los ciclones tropicales, recibe los efectos provenientes de dos zonas ciclo génicas, la del Atlántico norte y la del Pacífico nororiental (Hernández-Cerda, Azpra-Romero, Carrasco-Anaya, Delgado-Delgado, & Cruz, 2001). La fuerza destructiva de algunos de ellos en los últimos años ha provocado que se crea que estos meteoros se han incrementado en frecuencia y/o intensidad como consecuencia del cambio climático global. El estudio de un periodo mayor de 50 años, muestra que no existe una tendencia clara hacia el aumento en intensidad o frecuencia (Díaz-Castro, 2010).

En el Pacífico se genera la mayor cantidad de ciclones tropicales, presentan trayectorias del SW al NW, paralelas a las costas mexicanas. Sólo ocasionalmente algunas de estas perturbaciones adoptan trayectorias más hacia el norte para llegar a las costas, desde Chiapas hasta Baja California. En el Pacífico los estados con mayor impacto de ciclones tropicales son Baja California Sur, Sinaloa, Oaxaca, Guerrero y Michoacán (Hernández-Cerda et al., 2001).

En México se han presentado ciclones devastadores, como el caso de Gilbert, en el Golfo de México en 1988, el cual provocó muertes principalmente en la ciudad de Monterrey (ciudad no costera del estado de Nuevo León) y pérdidas económicas considerables en la zona de Cancún, Q. Roo. En el primer caso, el río Santa Catarina sobrepasó su capacidad total, y en el segundo, el fuerte oleaje, más la acción de la marea de tormenta, removió la arena de las playas de Cancún. Otro caso importante fue en 1997 cuando apareció en el océano Pacífico el huracán Pauline, que provocó la muerte de varios cientos de personas en la costa de los estados de Oaxaca y Guerrero, que dañó principalmente el puerto de Acapulco, donde se produjeron flujos de escombros y de lodo, producto de las intensas lluvias que dejó a su paso el huracán sobre la zona montañosa cercana (Rosengaus, Jiménez, & Vázquez, 2014).

#### **Identificación de peligro por Ciclones Tropicales**

Se define al ciclón tropical como un sistema giratorio, organizado por nubes y tormentas que se origina sobre aguas tropicales o subtropicales y tiene un centro de circulación cerrado en los niveles bajos de la atmósfera. Los ciclones tropicales rotan en contra de las manecillas del reloj en el hemisferio norte (NOAA, 2013).



De manera general los daños según la categoría del ciclón pueden ser diferentes, estos se describen a continuación (Cuadro 1).

Cuadro 1. Escala de daño potencial de Saffir-Simpson

| Categoría             | Presión central (mb) | Vientos (km/h) | Marea de tormenta (m) | Características de los posibles daños materiales e inundaciones   |
|-----------------------|----------------------|----------------|-----------------------|---|
| Perturbación tropical | 1008.1 a 1010        | ---            | ---                   | Ligera circulación de vientos   |
| Depresión tropical    | 1004.1 a 1008        | < 62           | ---                   | Localmente destructivo  |
| Tormenta tropical     | 985.1 a 1004         | 62.1 a 118     | 1.1                   | Tiene efectos destructivos  |
| Huracán categoría 1   | 980.1 a 985          | 118.1 a 154    | 1.5                   | Potencial Mínimo. Ningún daño efectivo a los edificios. Daños principalmente a casas rodantes no ancladas, arbustos, follaje y árboles. Ciertos daños a señales pobremente construidas. Algunas inundaciones de carreteras costeras en sus zonas más bajas y daños leves en los muelles. Ciertas embarcaciones pequeñas son arrancadas de sus amarres en fondeaderos expuestos.   |
| Huracán categoría 2   | 965.1 a 980          | 154.1 a 178    | 2.0 a 2.5             | Potencial Moderado. Daños considerables a arbustos y a follaje de árboles, inclusive, algunos de ellos son derribados. Daño extenso a señales pobremente construidas. Ciertos daños en los techos de casas, puertas y ventanas. Daño grave a casas rodantes. Carreteras costeras inundadas de 2 a 4 h antes de la entrada del centro del huracán. Daño considerable a muelles, inundación de marinas. Las pequeñas embarcaciones en fondeaderos sin protección rompen amarres. Evacuación de residentes que viven en la línea de costa.   |
| Huracán categoría 3   | 945.1 a 965          | 178.1 a 210    | 2.5 a 4.0             | Potencial Extensivo. Follaje arrancado de los árboles; árboles altos derribados. Destrucción de prácticamente todas las señales pobremente construidas. Ciertos daños en los techos de casas, puertas y ventanas. Algunos daños estructurales en pequeñas residencias. Destrucción de casas rodantes. Las inundaciones cerca de la costa destruyen las estructuras más pequeñas; los escombros flotantes y el embate de las olas dañan a las estructuras mayores cercanas a la costa. Los terrenos planos sobre 1.5 m del nivel del mar, pueden resultar inundados hasta 13 km tierra adentro (o más) desde la costa. |
| Huracán categoría 4   | 920.1 a 945          | 210.1 a 250    | 4.0 a 5.5             | Potencial Extremo. Arbustos y árboles derribados; todas las señales destruidas. Daños severos. Daño extenso a los techos de casas, puertas y ventanas. Falla total de techos en residencias pequeñas. Destrucción completa de casas móviles. Terrenos de planicie a 3 m sobre el nivel del mar pueden inundarse hasta 10 km tierra adentro de la costa.   |

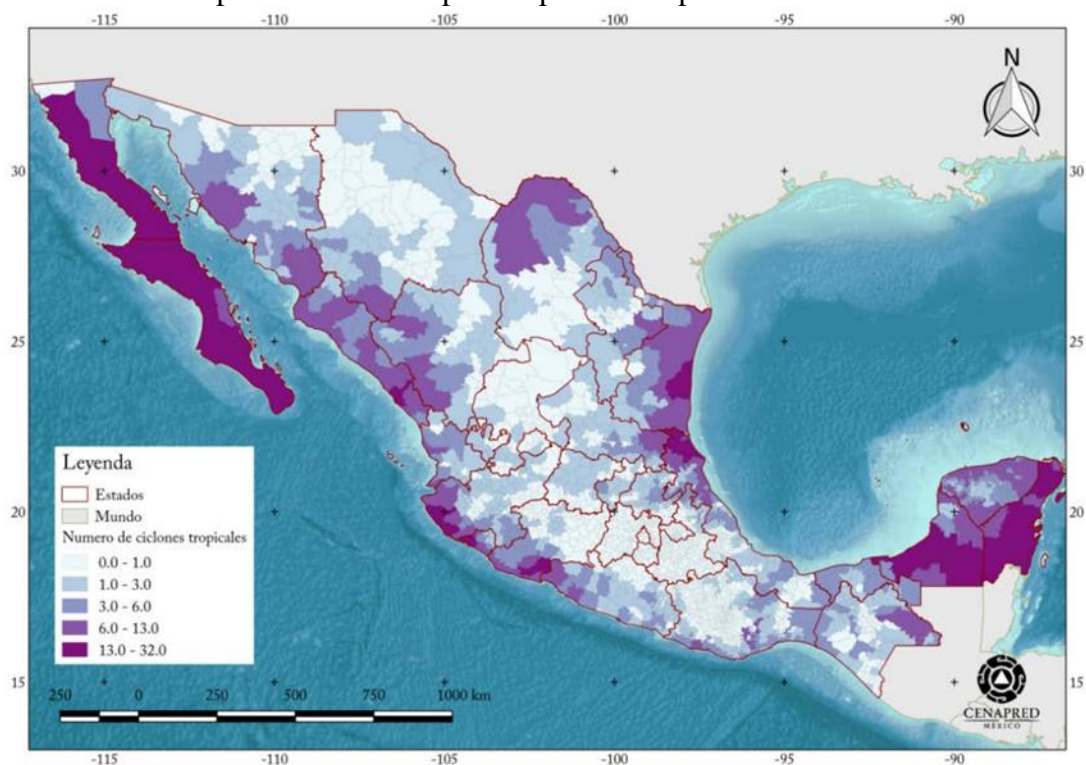
|                     |       |       |       |  |
|---------------------|-------|-------|-------|--|
|                     |       |       |       | Grave daño a la planta baja de estructuras cercanas a la costa por inundación, embate de las olas y escombros flotantes. Erosión importante de las playas.   |
| Huracán categoría 5 | < 920 | > 250 | > 5.5 | Potencial Catastrófico. Derribamiento de arbustos y árboles, caída total de señales. Daño muy severo y extenso en ventanas y puertas. Falla total de techos en muchas residencias y edificios industriales. Vidrios hechos añicos de manera extensiva en ventanas y puertas. Algunas edificaciones con falla total. Pequeñas edificaciones derribadas o volcadas. Destrucción completa de casas móviles. Daños graves en plantas bajas de todas las estructuras situadas a menos de 4.6 m por encima del nivel del mar y a una distancia de hasta 460 m de la costa. |

Fuente: National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA ,2018).

La capacidad destructiva de un ciclón tropical se deriva de cuatro elementos principales (Hernández-Cerda *et al.*, 2001): viento, precipitación pluvial, oleaje y marea de tormenta.

En el Mapa 1 se ilustra las zonas del país que son más propensas al embate de un ciclón tropical. Según CENAPRED, en 2016 el municipio de Bahía de Banderas tiene un porcentaje de embate de 6 a 13 ciclones. Por lo tanto, es imperativo incrementar y aplicar acciones para la mitigación del riesgo por efectos de ciclones tropicales, que estén basados en un conocimiento técnico-científico sobre su comportamiento a su paso por la región marítima y territorial de México, así como su distribución y sus principales efectos

Mapa 1. Ciclones tropicales por municipio de 1949 a 2015



Fuente: CENAPRED 2016.

### *Metodología para la identificación del Peligro*

Las bases de datos se construyeron en el programa Excel (2013), con la información del documento Tropical Cyclones of the Eastern North Pacific Basin, 1949-2006, NOAA, la Comisión Nacional del Agua (CNA), del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y CENAPRED para el periodo de 1960 al 2019.

Identificada la evolución histórica de los huracanes que han incidido en el municipio de 1960 al 2019, se calculó el periodo de retorno para cada categoría de huracán y tormentas tropicales.

En la serie de tiempo que se estableció para estudiar estos fenómenos meteorológicos, se registraron en el Océano Pacífico Nororiental 428 tormentas tropicales y 470 huracanes. De los cuales 25 tormentas tropicales pasaron por el cuadrante planteado anteriormente (200 km), y 23 ciclones en grado de huracán.

Para calcular el periodo de retorno se aplicó el método SNIP (1976), Normas y reglas de construcción. No 2.06.04-83, Gosudarstvennyy Komitet SSSPpo Delam Stroitelstvu, Moscú. 37 pp. Proporcionado en el estudio de los ciclones tropicales en la Isla de Cuba, del libro "Desarrollo de las técnicas de Predicción de las Inundaciones Costeras, Prevención y Reducción de su Acción Destructiva." (1998), Pp. 40-43.

En el cual se trabajó una escala de 5 intensidades, con los periodos de retorno para cada categoría de Huracanes en una serie de tiempo de 59 años; para calcular los periodos de retorno se utilizó la propuesta del SNIP, (1976) expresada por la siguiente función:

Ecuación 1

$$C A = n.mN.M$$

Dónde:

n... Cantidad de casos en el círculo de radio =200 km

m... número de casos de cada categoría (en un orden descendente)

N... cantidad total de casos en el área

M... cantidad de años de la serie

El cálculo de los periodos de retorno se realizó de la siguiente manera: Se procesaron por medio del programa Excel los ciclones tropicales que atravesaron por el Océano Pacífico Nororiental, después se seleccionaron en un radio de 200 km los huracanes que pasaron por la zona a estudiar para este trabajo (n). Esta muestra estadística abarca un periodo de 59 años (M).

### Resultados

Solo algunos fenómenos han tocado territorio municipal (Mapa 2). De ellos, se puede mencionar, en 1966, la Depresión Tropical Maggie, que entró por el sur de la costa de Jalisco, moviéndose de manera paralela a esta, saliendo de nuevo en la bahía de Banderas para adentrarse de nuevo al continente en la ciudad de Puerto Vallarta, para después cruzar el municipio de Bahía de Banderas de sur a norte.

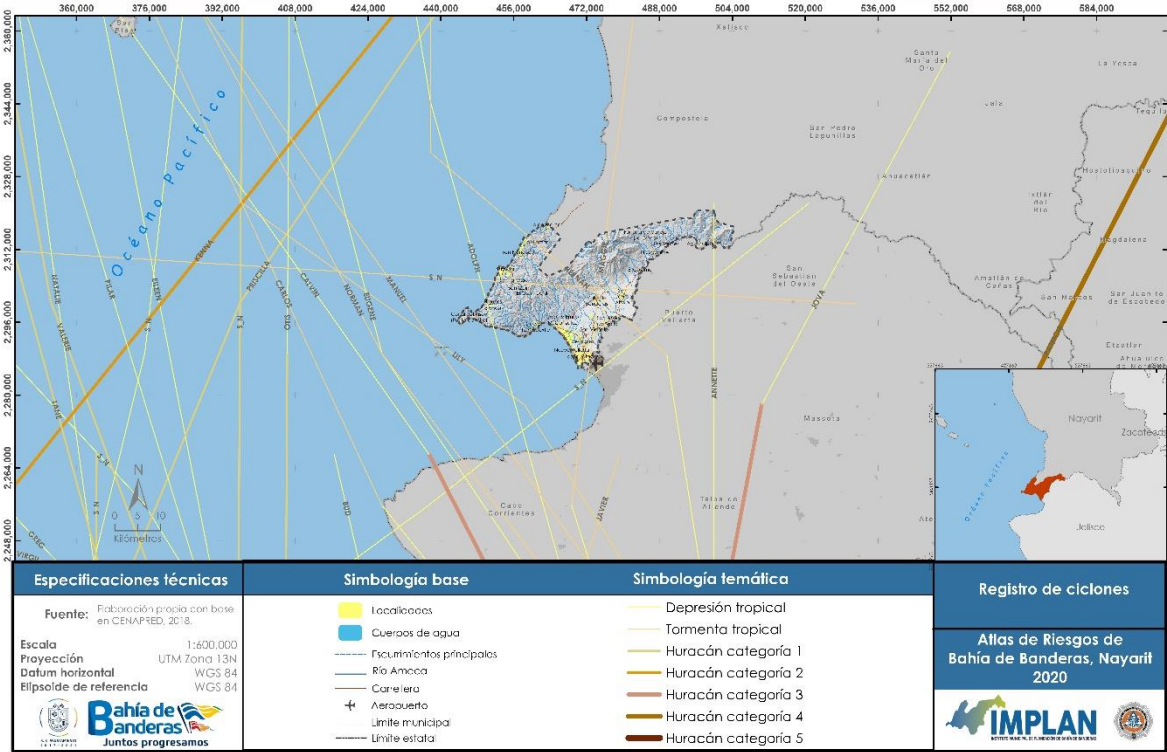
En junio de 1968, la Tormenta Tropical Annette, tocó tierra al sur de la costa de Jalisco, desplazándose al norte, entrando a territorio municipal en el extremo este, en las inmediaciones de Aguamilpa. Adolph como tormenta tropical, también tocó tierra en la costa central del estado de Jalisco, desplazándose de manera paralela a línea costera, salió a la bahía para cruzar el municipio por el extremo oeste, para salir de él por la zona de la localidad de Higuera Blanca; la depresión tropical Hernán, al igual que en los casos anteriores siguió el mismo comportamiento ciclónico, ya que tocó tierra en Jalisco, se desplazó por la zona costera como tormenta tropical, para en las inmediaciones del municipio de Mascota, Jal., virar al NW y entrar al municipio entre las localidades de San José del Valle y San Juan de Abajo como se muestra en el Cuadro 2

Cuadro 2. Ciclones que han tocado tierra en el municipio

| Nombre  | Clasificación      | Fecha                  | Viento km/h | Presión mbar |
|---------|--------------------|------------------------|-------------|--------------|
| Maggie  | Depresión Tropical | 19/oct/1966 06:00 a.m. | 46.3        | 970          |
| Annette | Tormenta Tropical  | 21/jun/1968 06:00 p.m. | 83.34       | 985          |
| Adolph  | Tormenta Tropical  | 27/may/1983 06:00 p.m. | 64.82       | 985          |
| SN      | Depresión Tropical | 21/sep/1993 06:00 p.m. | 37.04       | 970          |



Mapa 2. Ubicación de ciclones que han tocado tierra en el municipio



Fuente: Elaboración propia con base en la información publicada en el Atlas Nacional de Riesgos CENAPRED (2018).

La Depresión tropical del 21 de septiembre de 1993, ha sido el único fenómeno que ha llegado a territorio municipal de manera directa (CENAPRED, 2018); tocó tierra al sur de localidad de Sayulita y se desplazó por el municipio, para salir de él al norte de la localidad de San Juan de Abajo. No se debe descartar el peligro que presentan estos fenómenos meteorológicos aún sin tocar tierra, pues pueden presentar grandes afectaciones a la población y a la infraestructura. Según el Instituto de Meteorología (1998), un ciclón puede afectar el litoral terrestre aun estando a 200 kilómetros de distancia. Por consiguiente, se debe tomar en cuenta un área de 200 km de circunferencia alrededor del municipio.

Para obtener los registros de ocurrencia de ciclones tropicales se procedió a la búsqueda de las trayectorias de estos fenómenos meteorológicos, dentro de un cuadrante de 200 kilómetros desde la línea de costa.

En el Cuadro 3 se plasman los eventos ciclónicos con categoría de Huracán, registrados a 200 km o menos del municipio de Bahía de Banderas, desde el año 1960 a 2019.

Cuadro 3. Huracanes registrados a 200km o menos del litoral municipal (1960-2019)

| No. | Huracanes | Fecha      | Categoría | Presión mínima (hpa) |
|-----|-----------|------------|-----------|----------------------|
| 1   | Jacinto   | 21/10/1960 | 1         | 989                  |
| 2   | Valerie   | 24/06/1962 | 1         | 1003                 |
| 3   | Lily      | 28/08/1971 | 1         | 978                  |
| 4   | Nanette   | 03/09/1971 | 2         | 984                  |
| 5   | Priscila  | 06/10/1971 | 3         | 951                  |
| 6   | Ornele    | 21/09/1974 | 2         | 978                  |
| 7   | Otís      | 24/10/1981 | 1         | SD                   |
| 8   | Newton    | 18/09/1986 | 1         | 984                  |
| 9   | Eugene    | 22/06/1987 | 2         | SD                   |
| 10  | Calvin    | 04/06/1993 | 2         | 966                  |
| 11  | Hernán    | 30/09/1996 | 1         | 980                  |
| 12  | Madeleine | 16/10/1998 | 1         | 979                  |
| 13  | Kenna     | 22/10/2002 | 5         | 915                  |
| 14  | John      | 28/08/2006 | 4         | 948                  |
| 15  | Lane      | 13/09/2006 | 3         | 952                  |
| 16  | Andrés    | 21/06/2009 | 1         | 988                  |
| 17  | Jova      | 06/10/2011 | 3         | 955                  |
| 18  | Beatriz   | 19/06/2011 | 1         | 977                  |
| 19  | Bud       | 20/05/2012 | 3         | 960                  |
| 20  | Erick     | 04/07/2013 | 1         | 983                  |
| 21  | Carlos    | 10/06/2015 | 1         | 978                  |
| 22  | Patricia  | 20/10/2015 | 5         | 879                  |
| 23  | Lorena    | 17/09/2019 | 1         | 987                  |

Fuente: Elaboración propia con base al documento *Tropical Cyclones of the Eastern North Pacific Basin, 1949-2006*, NOAA y CNA.

Cuadro 4. Ciclones tropicales registrados a 200km o menos del litoral municipal

| No. | Ciclones Tropicales | Año  |
|-----|---------------------|------|
| 1   | Bonny               | 1960 |
| 2   | Lilian              | 1963 |
| 3   | Natalie             | 1964 |
| 4   | Maggie              | 1966 |
| 5   | Anette              | 1968 |
| 6   | Emily               | 1969 |
| 7   | Eileen              | 1970 |
| 8   | Lily                | 1971 |
| 9   | Agatha              | 1975 |
| 10  | Irwin               | 1981 |
| 11  | Adolph              | 1983 |
| 12  | Priscilla           | 1989 |
| 13  | Douglas             | 1990 |
| 14  | Virgil              | 1992 |
| 15  | Javier              | 1998 |
| 16  | Greg                | 1999 |
| 17  | Ileana              | 2000 |
| 18  | Norman              | 2000 |
| 19  | Lorena              | 2001 |
| 20  | Manuel              | 2013 |
| 21  | Norbert             | 2014 |
| 22  | Polo                | 2014 |

|    |        |      |
|----|--------|------|
| 23 | Javier | 2016 |
| 24 | Pilar  | 2017 |
| 25 | Narda  | 2019 |

Fuente: Elaboración propia con base al documento *Tropical Cyclones of the Eastern North Pacific Basin, 1949-2006 National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)* y la *Comisión Nacional del Agua (CNA)*.

En el siguiente cuadro se muestran los resultados del análisis de los datos ciclónicos, el cual indica que los huracanes categoría 1 tienen un periodo de retorno de 2.5 años; los de categoría 2, cuentan con un periodo de 4 años; los de categoría 3 y 4, tienen un periodo de 6 y 9 años respectivamente; y la categoría mayor, o sea 5, presentó un periodo de 108 años (Cuadro 5).

Cuadro 5. Cálculo de periodo de retorno para huracanes y tormentas tropicales en el municipio (1960-2019)

| Categoría de Huracanes |                 | Periodo de Retorno para ciclones |             |            | Probabilidad de ocurrencia en 59 años | Probabilidad de ocurrencia en 12 meses | %  | Periodo calculado en años |
|------------------------|-----------------|----------------------------------|-------------|------------|---------------------------------------|--|----|---------------------------|
| 5                      | $C/A = n*m/N*M$ | $23*11/470*59$                   | 253/27730   | 0.00912    | 6%                                    | 0.80%                                  | 1% | 108 años                  |
| 4                      | $C/A = n*m/N*M$ | $23*135/470*59$                  | 3105/27730  | 0.111      | 11%                                   | 1.50%                                  | 2% | 9 años                    |
| 3                      | $C/A = n*m/N*M$ | $23*189/470*59$                  | 4347/27730  | 0.15       | 19.50%                                | 2.70%                                  | 3% | 6 años                    |
| 2                      | $C/A = n*m/N*M$ | $23*264/470*59$                  | 6072/27730  | 0.2        | 33.64%                                | 4.75%                                  | 5% | 4 años                    |
| 1                      | $C/A = n*m/N*M$ | $23*443/470*59$                  | 10189/27730 | 0.36       | 58%                                   | 8.19%                                  | 8% | 2.5 años                  |
| Tormentas tropicales   | $C/A = n*m/N*M$ | $25*25/428*59$                   | 625/25252   | 0.02475052 | 368.72%                               | 52%                                    | -  | -                         |

Fuente: Elaboración propia con base en el método SNIP (1976).

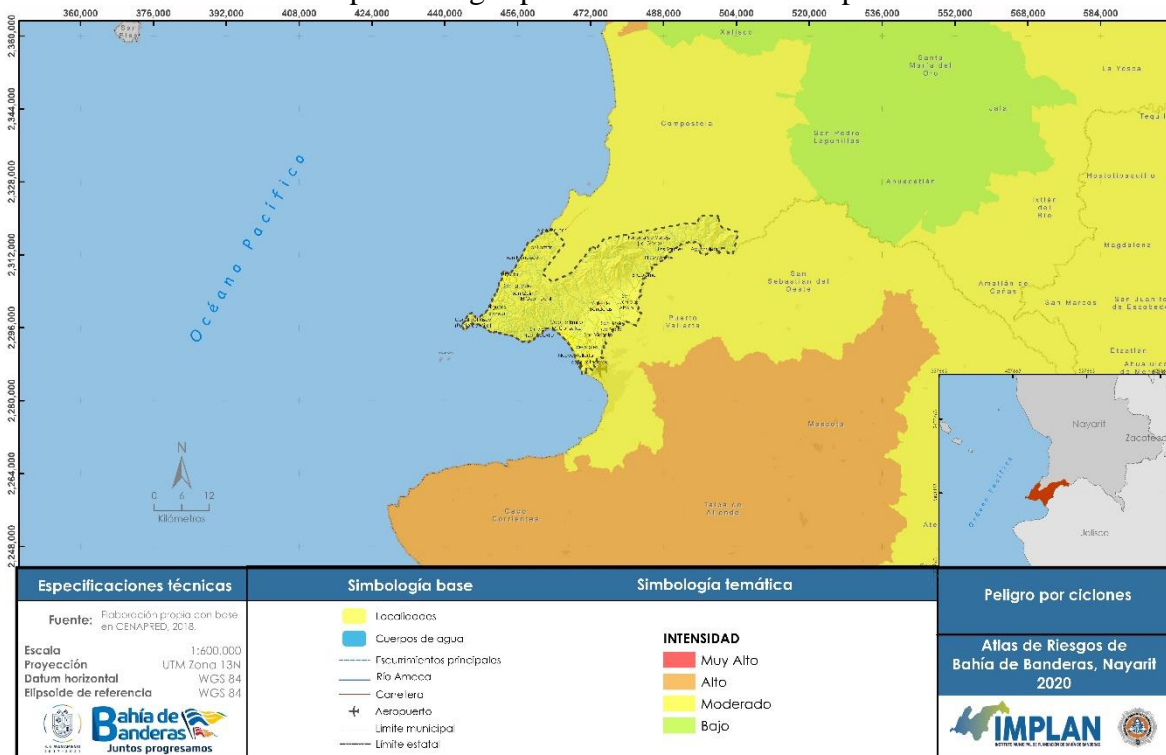
Se muestra el resultado del análisis de periodo de retorno para tormentas tropicales, el cual arrojó que, estos eventos hidrometeorológicos presentan un nivel de peligro **alto**, ya que existe un 52% de probabilidad de ocurrencia de un fenómeno por cada temporada de ciclones.

A partir de las estimaciones de periodo de retorno de fenómenos ciclónicos, se estimó que, el municipio de Bahía de Banderas tiene más probabilidad de presenciar tormentas tropicales (con un 52% de probabilidad al año), que huracanes, aunque no se debe descartar la posibilidad de que un evento de esta magnitud pueda afectar tanto a la población, la economía y el ecosistema de este municipio.

Es un hecho que algunos de estos fenómenos, cuando suelen ser muy intensos, pueden provocar desastres no solo donde impacta el centro del huracán, sino también en zonas aledañas a lo largo de su trayectoria. Un ejemplo claro es el impacto en la región de Bahía de Banderas por el Huracán Kenna: aun cuando este no ingresó en dicha región, hubo afectaciones a vidas humanas, así como enormes daños a la infraestructura turística, la agricultura y en la ganadería (Morales et al., 2013).

A partir del análisis de la actividad ciclónica registrada en Bahía de Banderas se determinó que el nivel de peligro por el embate de **ciclones tropicales** es **bajo**, con posibilidad de aumento en la frecuencia de estos fenómenos, esto está relacionado con el cambio climático, ya que se registra aumento de la temperatura de las aguas superficiales de los océanos, ocasionando la proliferación e intensificación de tormentas tropicales y huracanes. Cuando la temperatura de la superficie del agua se eleva, el agua se evapora con mayor facilidad, lo que favorece a que las pequeñas tormentas que se forman en el océano se conviertan en sistemas de mayor intensidad. Un incremento en la frecuencia de tormentas se traduce en un menor tiempo de recuperación para los hábitats sensibles. El nivel de consecuencia del peligro presentó un nivel grave, con cambios en frecuencia en aumento, a una escala a mediano plazo

Mapa 3. Peligro por ciclones en el municipio



Fuente: Elaboración propia con base en la información publicada en CENAPRED (2018).

### III.2 Inundaciones costeras por Marea de Tormenta

Se define a la Marea de Tormenta, como un aumento del nivel medio del mar de una zona costera de 80 a 160 kilómetros de ancho debido al impulso de los vientos, puede alcanzar una elevación hasta de 7m. Se produce principalmente por la acción de fuerzas cortantes sobre la superficie del mar que son generadas por los vientos del ciclón tropical (CENAPRED, 2014).

La marea de tormenta generalmente se combina con un fuerte oleaje producido por los vientos intensos del ciclón tropical. Es uno de los efectos destructivos de los ciclones



tropicales que menos se conoce. Han causado un gran número de muertes cuando se ha conjuntado con el fuerte oleaje que generan los intensos vientos del meteoro. En la elevación que presenta la marea de tormenta depende de la configuración de la playa y de las profundidades del fondo marino próximo a tierra (CENAPRED, 2014).

El principal efecto de la marea de tormenta es la inundación de las zonas costeras con agua de mar que, dependiendo de la topografía, puede llegar a cubrir franjas de varios kilómetros.

Tras la ocurrencia del Huracán Kenna, aunque el ojo del huracán pasó a más de 70 km de distancia, el fuerte oleaje y la marea de tormenta provocaron severos daños en toda la línea de costa de la bahía de Banderas.

La morfología del litoral, la bahía y la dirección de la trayectoria del huracán permitieron la amplificación de los efectos de la marea de tormenta que provocó la inundación de la franja de tierra adentro que alcanzó hasta más de 200 metros en las partes más bajas; el fuerte oleaje, con olas de hasta ocho metros de altura, socavaron los cimientos y las estructuras de las edificaciones ubicadas en la franja costera; los daños se concentraron en la zona hotelera y en el centro de la ciudad, 215 negocios resultaron afectados, de los cuales 150 eran comercios, 26 hoteles, 48 tiendas de ropa, cuatro bancos, 22 restaurantes, diez joyerías, siete centros comerciales y daños severos en hoteles, en total los daños ascendieron a 25 millones de dólares (Martínez Hernández, González Ruelas, Carrillo González, & Cornejo-López, 2014).

A pesar de que no ser afectado directamente, los huracanes y depresiones tropicales han tenido afectaciones indirectas, como lluvias intensas, fuertes vientos y oleaje elevado y marea de tormenta.

La marea de tormenta depende de la configuración de la playa y de las profundidades del fondo Marino próximo a tierra. (CENAPRED, 2014).

#### *Determinación de la amplitud de la marea de tormenta y áreas inundables con agua marina.*

Para determinar las elevaciones  $h$  (en m) más grandes que alcanza el nivel del mar por la marea de tormenta (amplitud de la marea de tormenta) para las diferentes categorías de un ciclón tropical, primeramente, se calcularon los radios de máximo viento ( $R$ ) y los vientos máximos sostenidos ( $V$ ).

Del apartado 2.2.1.1 página 225 “Cálculo de la magnitud de los vientos de un ciclón tropical” de la guía antes mencionada se tiene que:

El viento sostenido (en m/s) más grande ocurre a una distancia  $R$ , desde el centro del ciclón tropical y se puede calcular con la expresión:

$$V = 20.1834(1013 - p_0)^{0.5} - 0.2618R \sin \phi + 0.5V_d$$

Ecuación 2

donde  $p_0$  es la presión en el centro del ciclón tropical en milibares (mb);  $V$  la velocidad de desplazamiento del ciclón tropical (en km/h) y  $\phi$  es la latitud en el centro del ciclón (en grados).

Para estimar el valor  $R$  del radio de máximo viento (en km), se puede usar la expresión:

$$R = 0.0007e^{0.01156p_0}$$

Ecuación 3

donde:

$p_0$  es la presión central,

$e$  es la base del logaritmo natural ( $e=2.71828\dots$ )

Del apartado 2.2.3.1 página 232 “Estimación de la altura máxima de la marea de tormenta”, se tiene la expresión (2.3) para conocer la amplitud máxima de la marea de tormenta debida a un ciclón tropical:

$$h = (0.03R + 0.000119V^2 - 1.4421)F$$

Ecuación 4

donde:

$h$  es elevación (en metros) más alta que alcanza la marea de tormenta en el mar cerca de la costa.  $R$  es el radio de máximo viento (en km)

$V$  es la velocidad máxima del viento sostenido (en km/h) calculado a 10 m sobre la superficie media del mar a la distancia  $R$  del centro del ciclón tropical (puede obtenerse a partir de la presión central del ciclón tropical, radio de máximo viento, latitud del centro del ciclón tropical y la velocidad de traslación como se describió en la sección 2.2 de la Guía Básica).

$F$  es un factor correctivo por dirección del viento.

#### *Datos y cálculos auxiliares*

Como caso extremo, o más desfavorable, se consideró que el meteoro que puede afectar a Bahía de Banderas deberá pasar con rumbo Noreste de sobre la Bahía de Banderas, a una distancia aproximada de 40 km, por lo que la latitud y longitud que se consideran para los cálculos serán  $20^\circ 38' 44''$  N y  $105^\circ 42' 27''$  W.

Con los valores de la longitud y latitud antes mencionadas, se obtuvo de la figura 2.6 “Máxima velocidad de traslación de los ciclones tropicales de traslación de los ciclones tropicales en el Atlántico” (Rosengaus et al., 2002) de la Guía Básica, un valor de 30 km/h para la velocidad de desplazamiento ( $V_d$ ), que será empleada en los cálculos de la velocidad máxima del viento sostenido.

El valor del ángulo  $\alpha$  que forma la dirección de desplazamiento del ciclón tropical con respecto a la línea de costa próxima al sitio de interés, de la figura 2.13 “Dirección de la traslación (media y variabilidad) para ciclones tropicales en el Pacífico Nororiental 1949-

2000” (Rosengaus et al., 2002) de la Guía Básica se obtuvo un valor de  $\alpha = 145^\circ$ . Por lo que el factor correctivo (F) propuesto en la metodología resultó igual a 0.88, de acuerdo con la expresión (2.4) de dicha guía.

Se utilizó una hoja de cálculo de Excel para realizar los cálculos, utilizando las ecuaciones 2.1, 2.2 y 2.3, antes mencionadas, de la guía metodológica (Cuadro 6).

Cuadro 6. Amplitud de la marea de tormenta

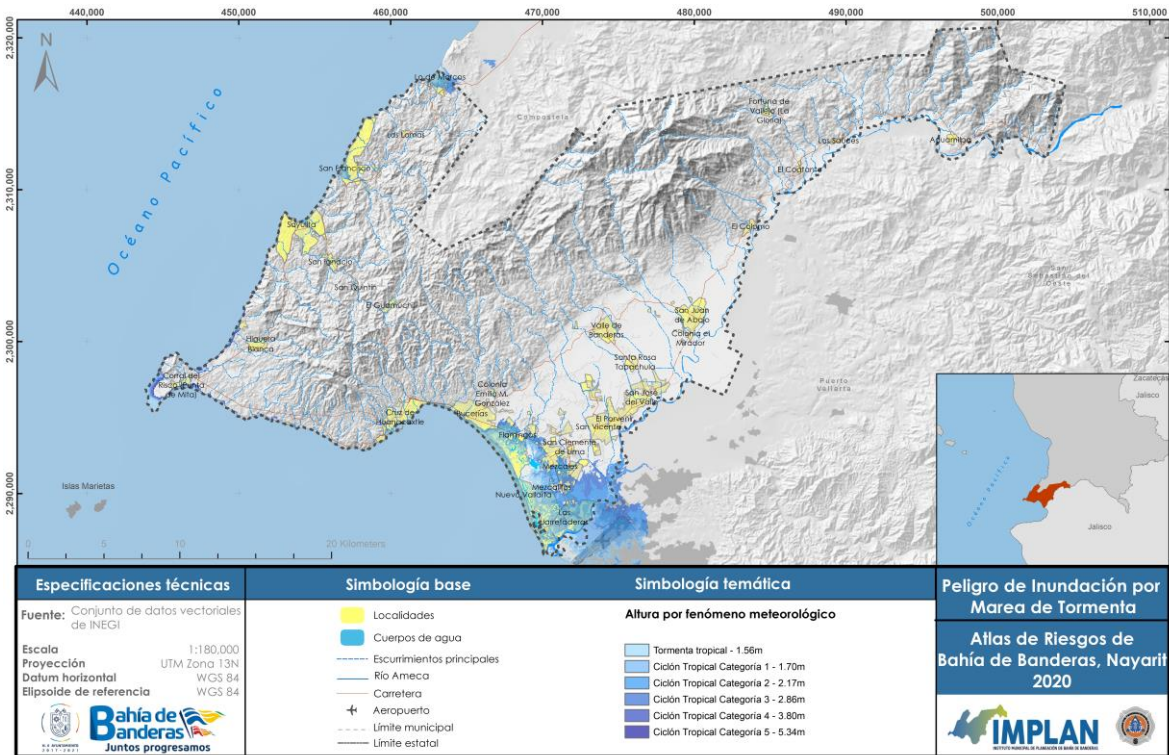
| Amplitud Máxima de la Marea de Tormenta debida a un Ciclón Tropical |         |                    |                   |           |        |        |      |       |
|---|---------|--------------------|-------------------|-----------|--------|--------|------|-------|
| Tipo  | po (mb) | LATITUD ( $\phi$ ) | ALFA ( $\alpha$ ) | Vd (Km/h) | R (Km) | V (Km) | F    | h (m) |
| TT  | 985     | 20                 | 145               | 30        | 61.69  | 107.06 | 0.88 | 1.56  |
| H1  | 980     | 20                 | 145               | 30        | 58.23  | 117.03 | 0.88 | 1.70  |
| H2  | 965     | 20                 | 145               | 30        | 48.96  | 143.13 | 0.88 | 2.17  |
| H3  | 945     | 20                 | 145               | 30        | 38.85  | 172.15 | 0.88 | 2.86  |
| H4  | 920     | 20                 | 145               | 30        | 29.10  | 202.69 | 0.88 | 3.80  |
| H5  | 882     | 20                 | 145               | 30        | 18.76  | 241.53 | 0.88 | 5.34  |

*Fuente: Elaboración propia con base en la metodología de la Guía básica para la elaboración de Atlas Estatales y municipales de Peligros y Riesgos*

Los cálculos arrojaron los siguientes resultados: para tormenta tropical  $h = 1.56$  m; huracán categoría 1,  $h = 1.70$  m; huracán categoría 2,  $h = 2.17$  m; huracán categoría 3,  $h = 2.86$  m; huracán categoría 4,  $h = 3.80$  m y huracán 5,  $h = 5.34$  m.

Para obtener el área de inundación con respecto a la amplitud de la marea de tormenta, se identificaron las curvas de nivel correspondientes a estas cotas de inundación y se consideró que todo abajo de éstas se encontraba sumergido en el agua marina, por lo que se crearon los archivos en formato shape (shp) a partir de esta consideración. Las profundidades de agua marina que se presentan en la zona de inundación dependen de la topografía del terreno (Mapa 4).

Mapa 4. Peligro de inundaciones costeras por marea de tormenta



*Fuente: Elaboración propia con los resultados de los cálculos para la amplitud de la marea de tormentas y áreas inundables.*

Continuando con la aplicación de la metodología se determinó el periodo de retorno en el que se presentaría un ciclón tropical en la zona en estudio y la recurrencia de los mismos como de muestra en el Cuadro 5. Cálculo de periodo de retorno para huracanes y tormentas tropicales en el municipio (1960-2019), del apartado anterior.

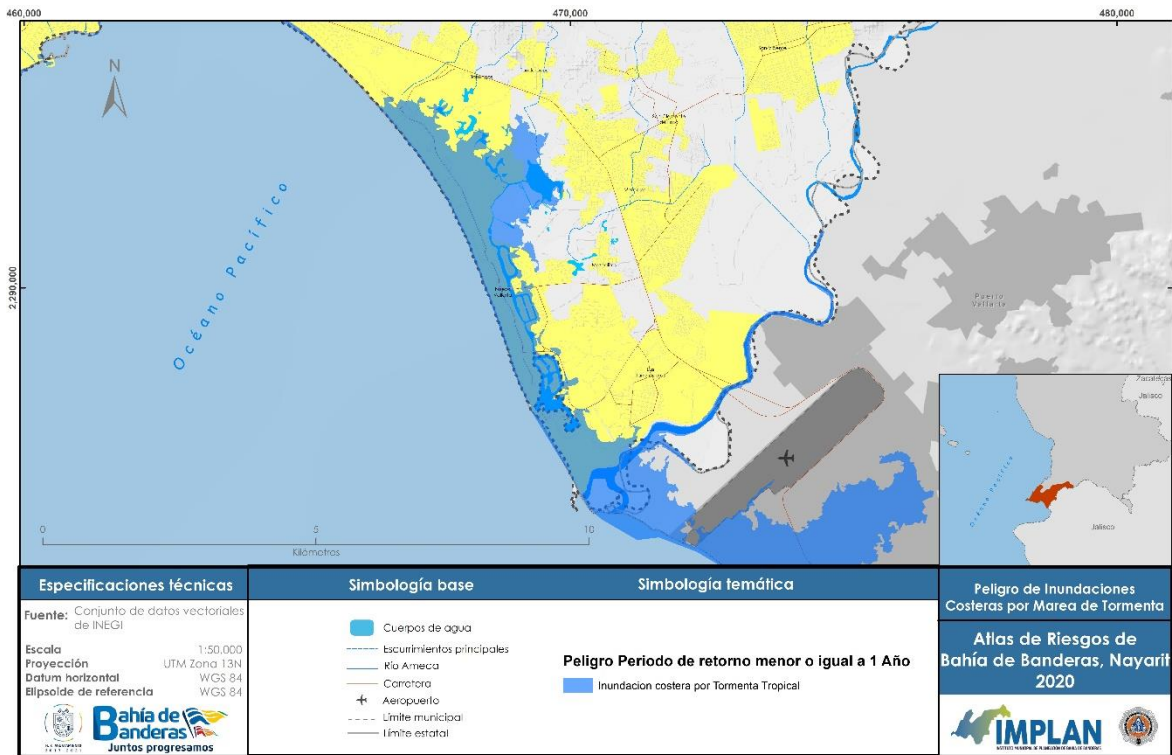
#### *Construcción de mapas de peligro por inundaciones costeras*

Con los resultados de los cálculos anteriores se construyeron los mapas de peligro de inundaciones costeras por marea de tormenta para el municipio.

En el Mapa 5 se muestran detalles del peligro por inundaciones costeras por marea de tormenta, para un periodo de retorno menor o igual a 1 año, en el cual se aprecia que la zona de Nuevo Vallarta y la localidad de La Jarretadera son las que se ven más afectadas con un total de 628 casas alcanzadas por la zona de inundación.



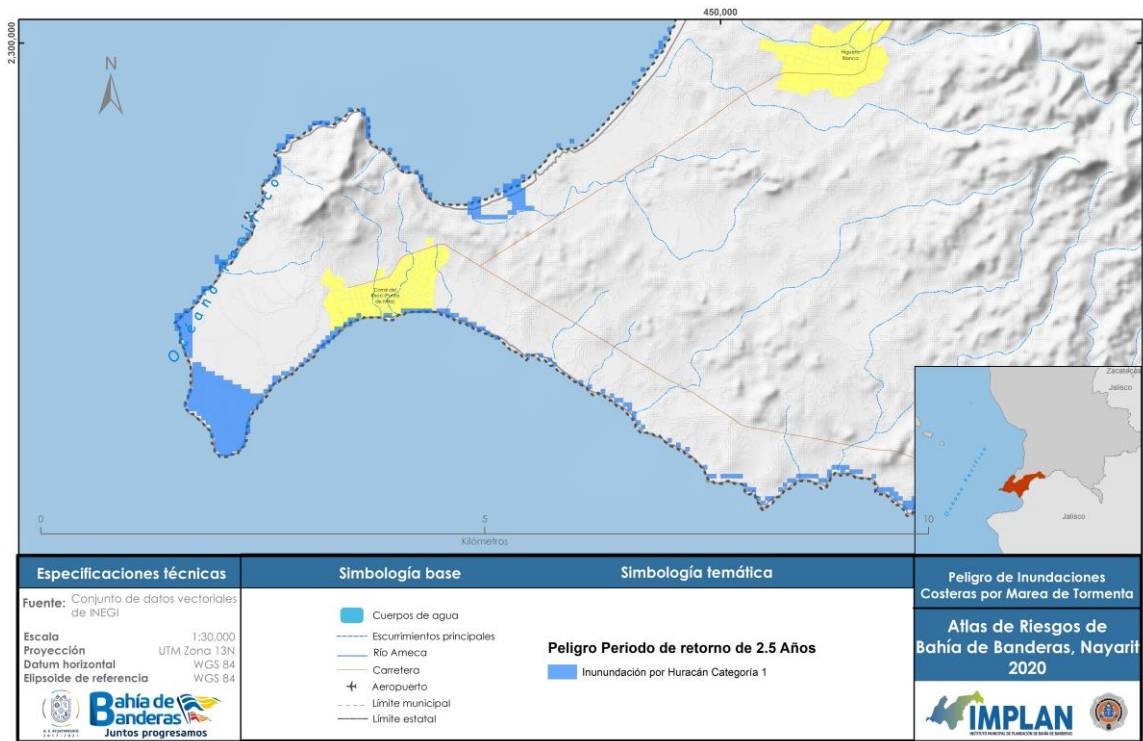
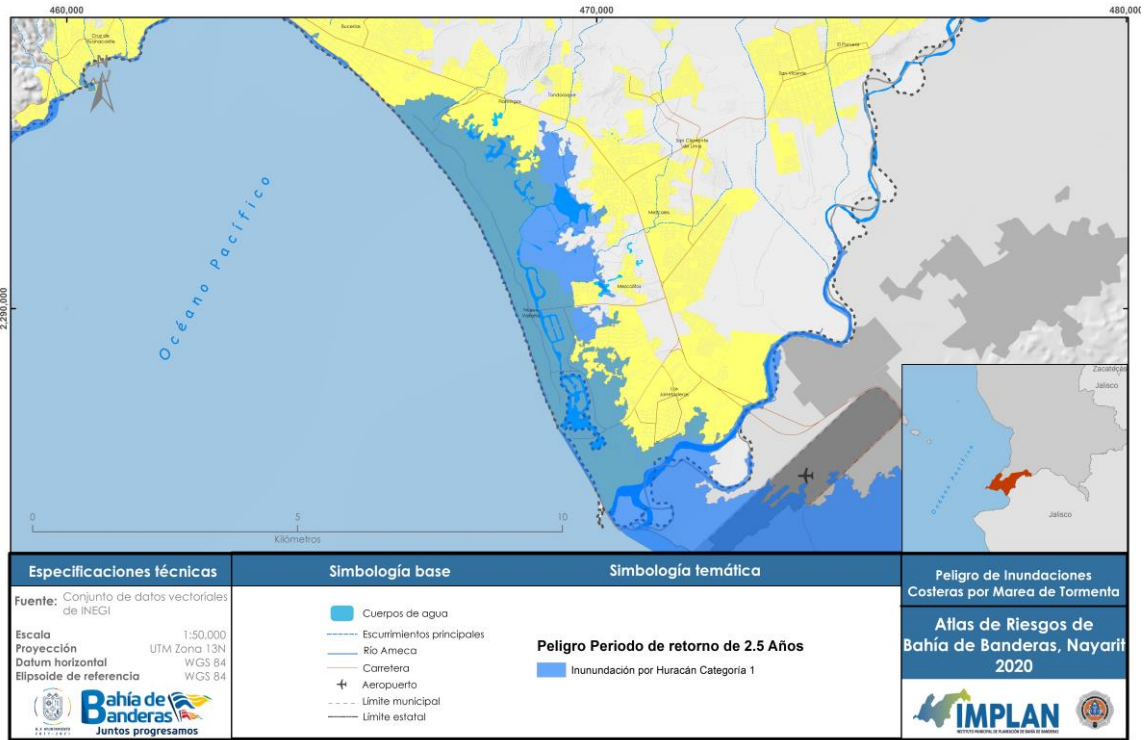
Mapa 5. Peligro por inundaciones costeras de marea de tormentas Tr: 1 Año



*Fuente: Elaboración propia con los resultados de los cálculos para la amplitud de la marea de tormentas y áreas inundables.*

En el Mapa 6 se muestran detalles del peligro por inundaciones costeras para un periodo de retorno  $Tr = 2.5$  años, en el cual se puede observar que sólo la zona de Nuevo Vallarta, parte de la localidad de La Jarretadera y parte de Punta de Mita serían alcanzadas por la inundación.

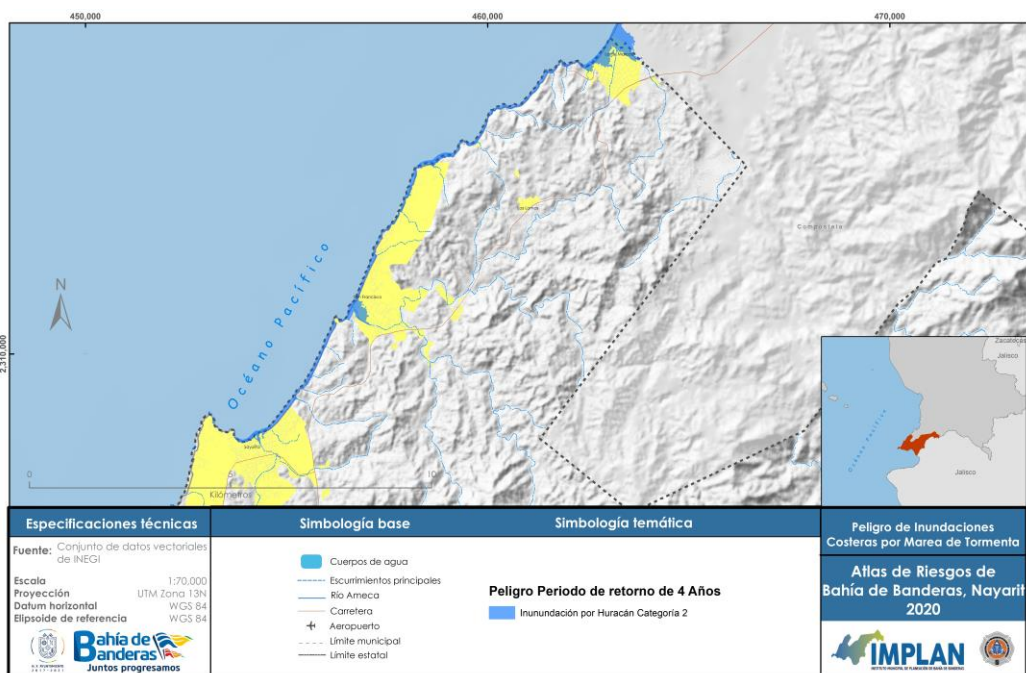
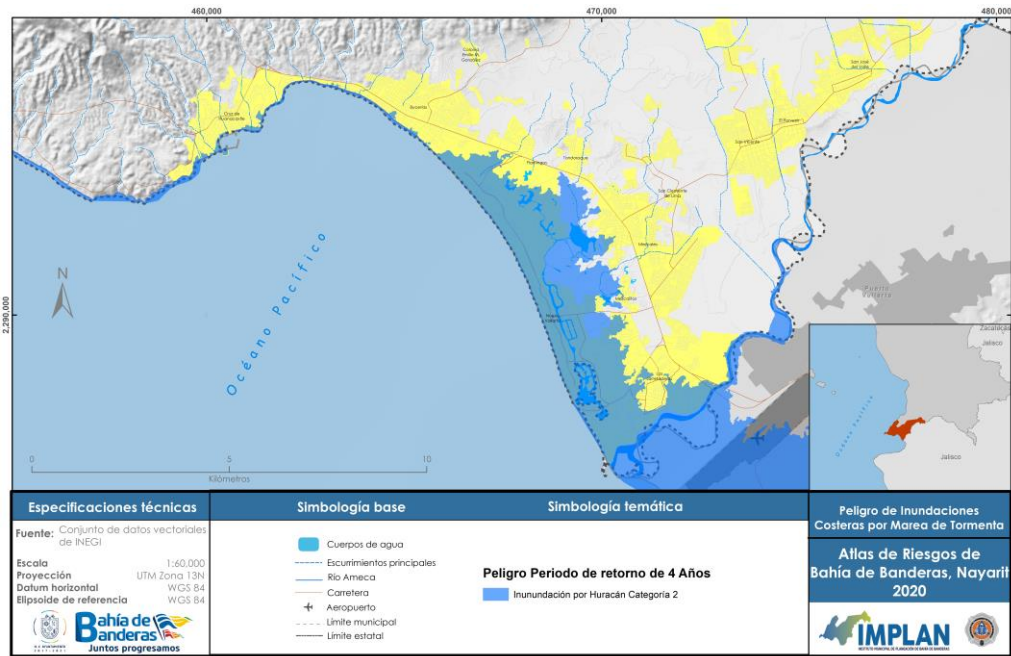
Mapa 6. Peligro por inundaciones costeras de marea de tormentas Tr: 2.5 Años, Nuevo Vallarta y Punta de Mita



Fuente: Elaboración propia con los resultados de los cálculos para la amplitud de la marea de tormentas y áreas inundables.

En el Mapa 7 se muestran detalles del peligro por inundaciones costeras para un periodo de retorno  $T_r = 4$  años, en el cual se puede observar que la zona de Nuevo Vallarta presenta mayor afectación y que la zona de la Costa Norte del municipio, en las localidades de Sayulita, San Francisco y Lo de Marcos ya serían alcanzadas por la inundación.

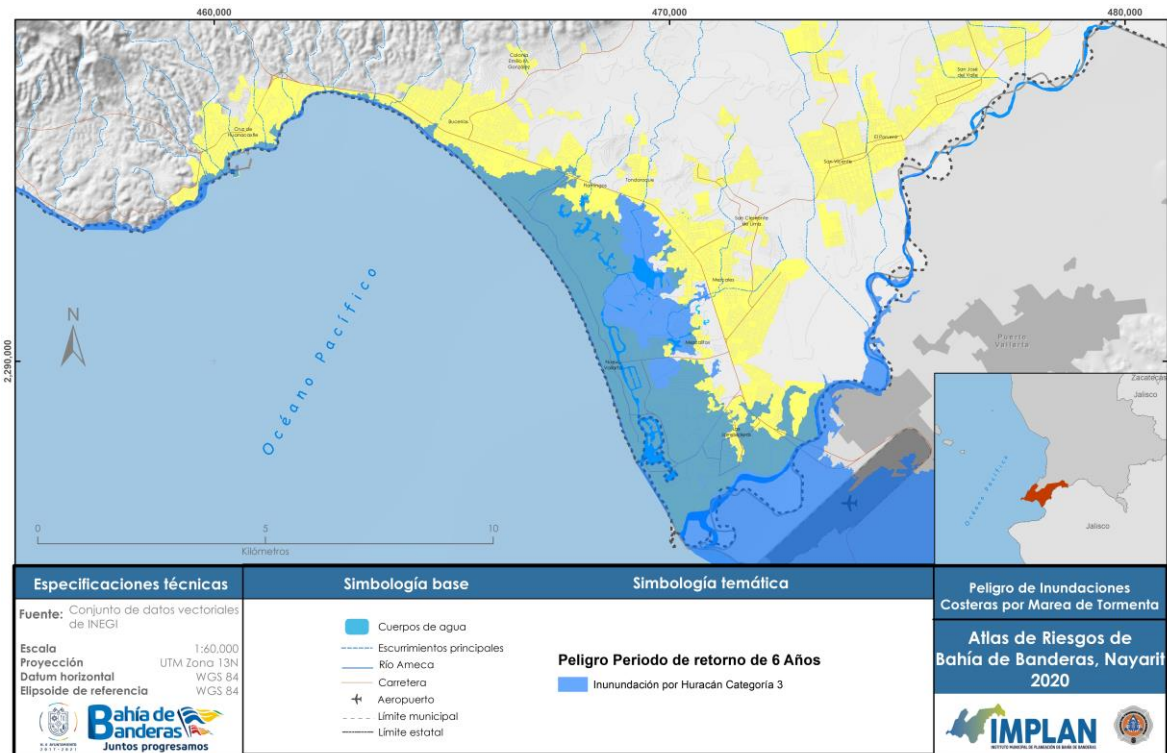
Mapa 7. Peligro por inundaciones costeras de marea de tormentas  $T_r: 4$  Años, Nuevo Vallarta y Costa Norte



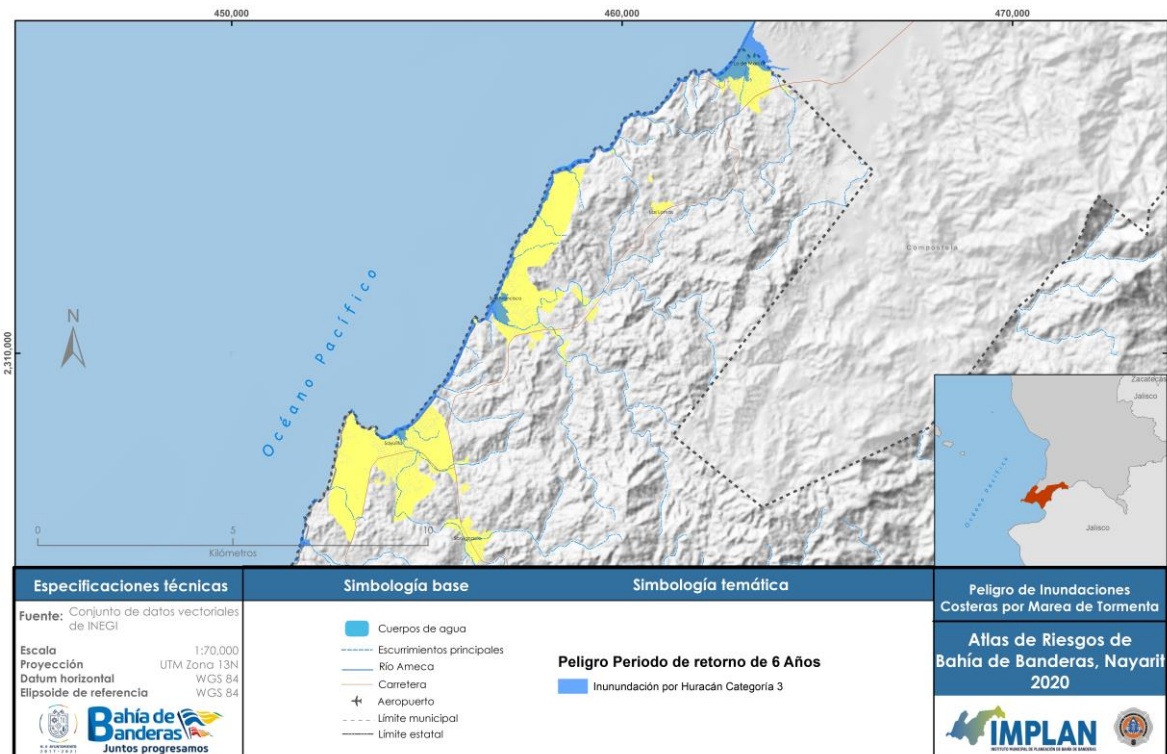
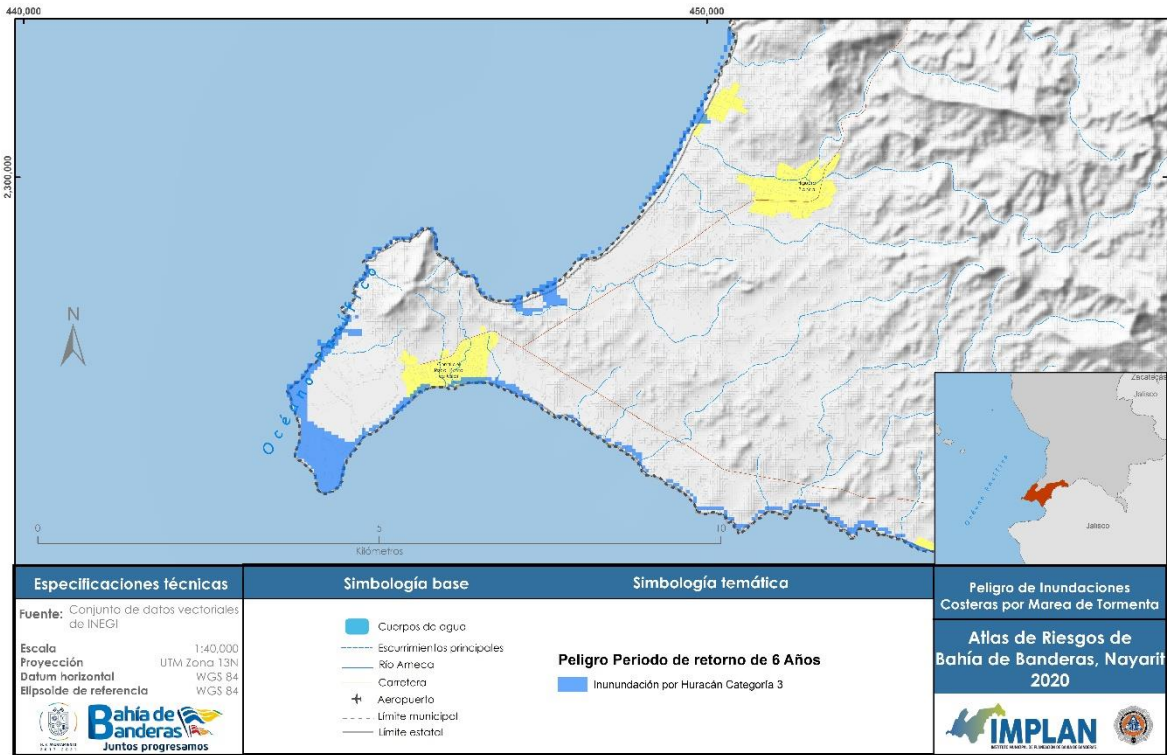
*Fuente: Elaboración propia con los resultados de los cálculos para la amplitud de la marea de tormentas y áreas inundables.*

En el Mapa 8 se muestran detalles del peligro por inundaciones costeras para un periodo de retorno  $T_r = 6$  años, en el cual se puede observar que ya se tiene afectaciones en todas las localidades de la costa del municipio con afectaciones a viviendas.

Mapa 8. Peligro por inundaciones costeras de marea de tormentas  $T_r: 6$  Años, Nuevo Vallarta, Punta de Mita y Costa Norte



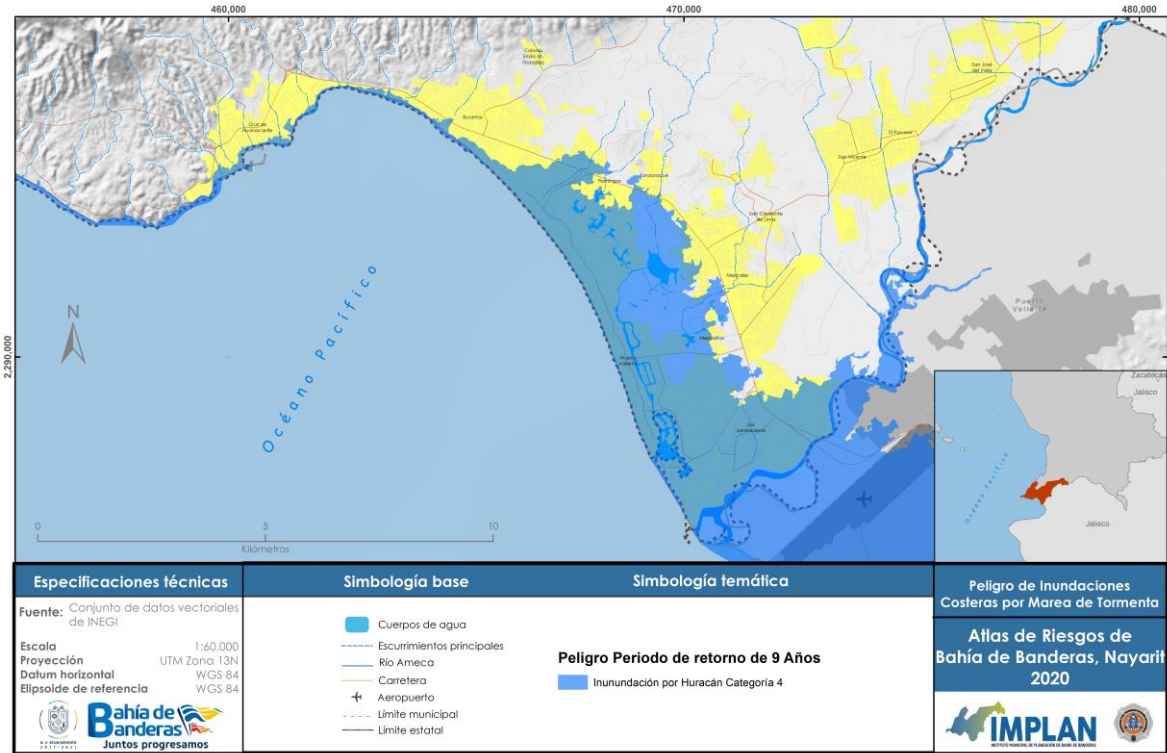


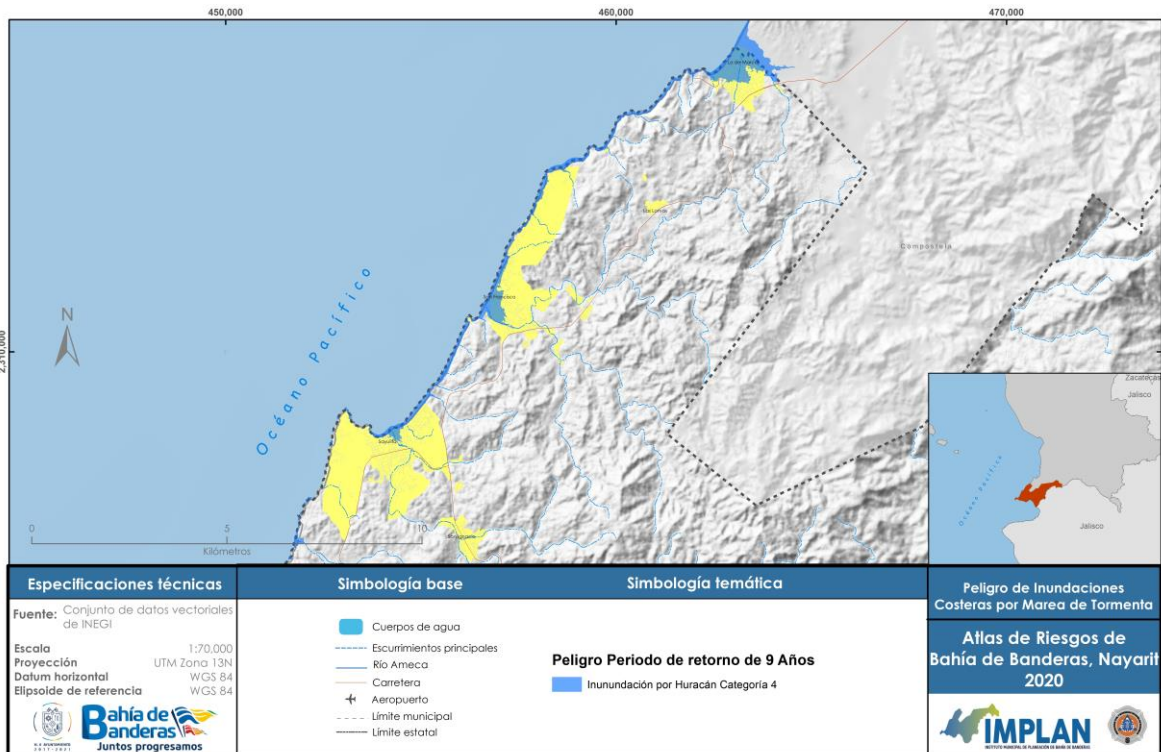
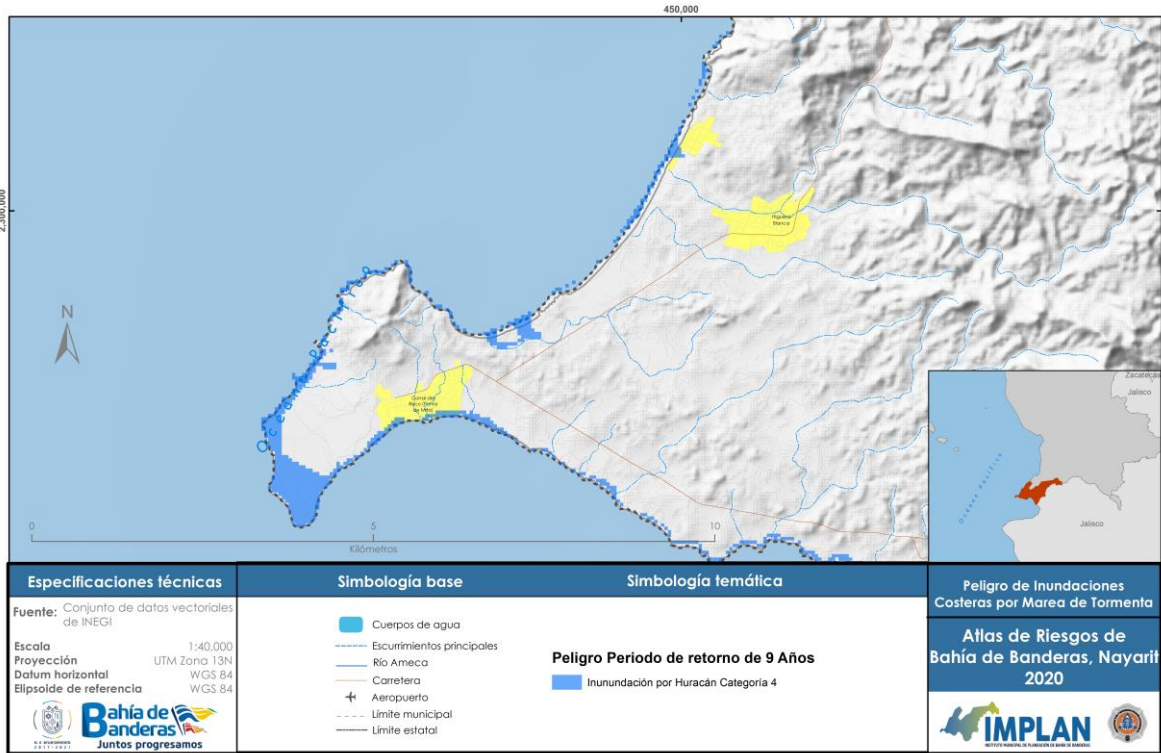


Fuente: Elaboración propia con los resultados de los cálculos para la amplitud de la marea de tormentas y áreas inundables.

En el Mapa 9 se muestran detalles del peligro por inundaciones costeras para un periodo de retorno  $Tr = 9$  años, en el cual se puede observar que la afectación es más grande, alcanzando viviendas.

Mapa 9. Peligro por inundaciones costeras de marea de tormentas  $Tr: 9$  Años, Nuevo Vallarta, Punta de Mita y Costa Norte.



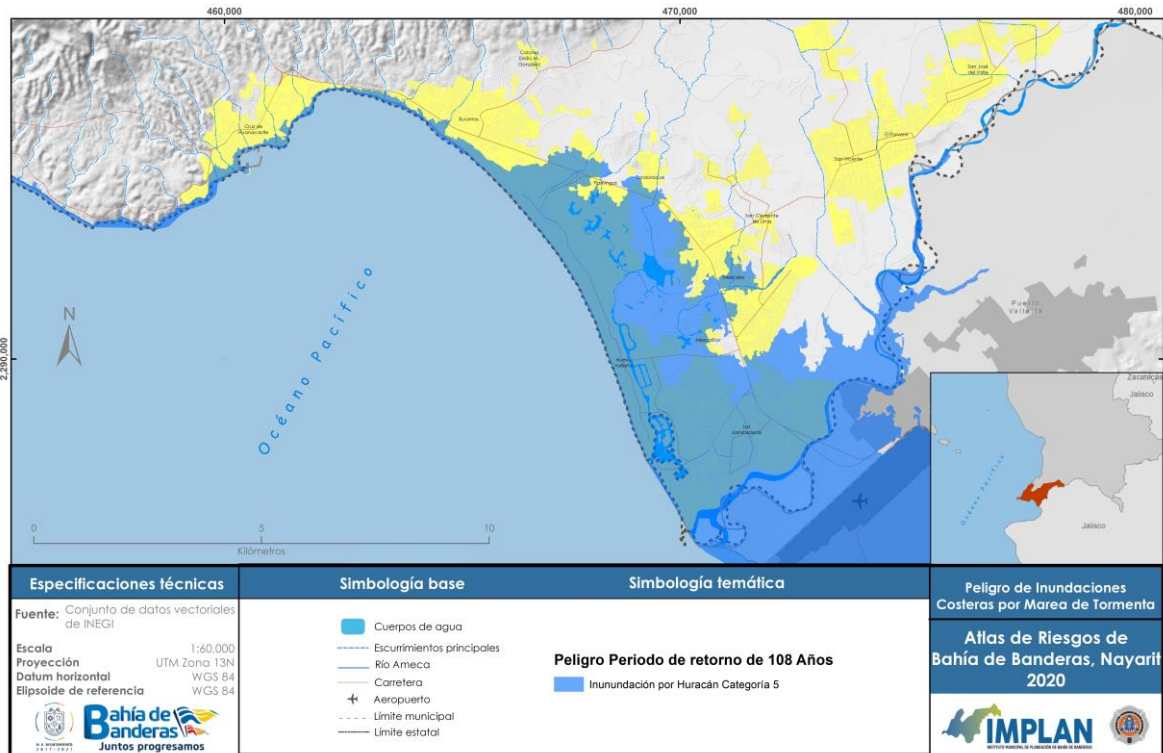


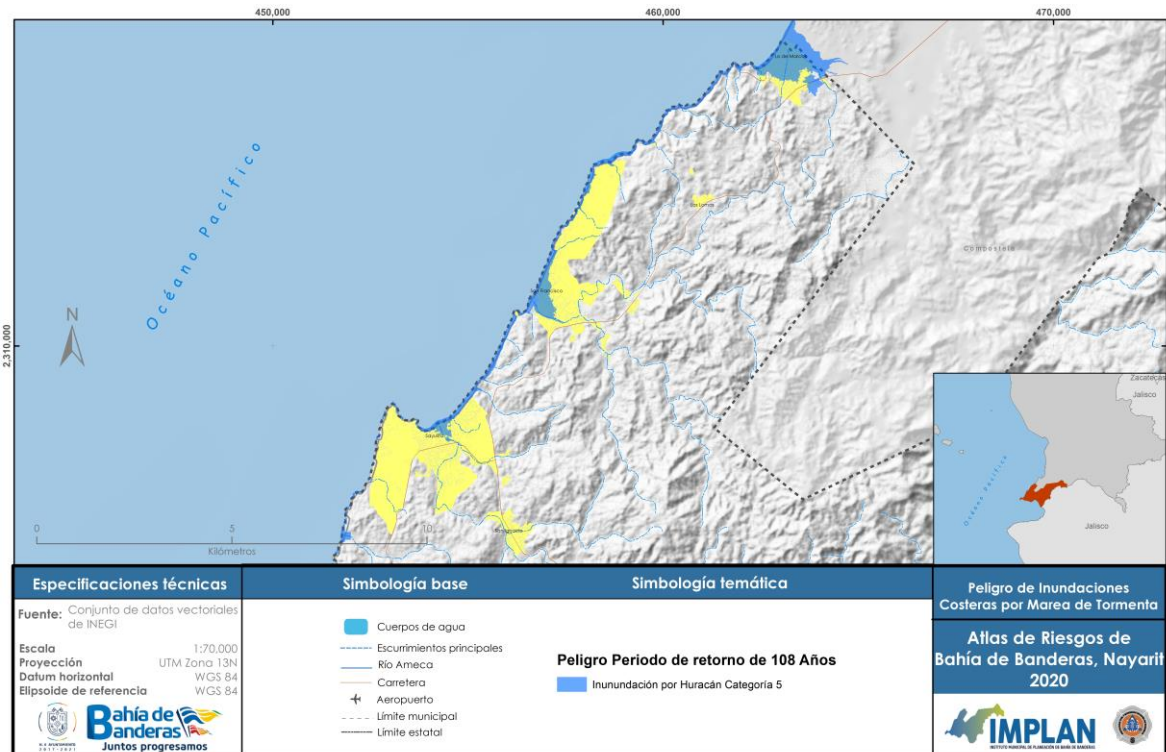
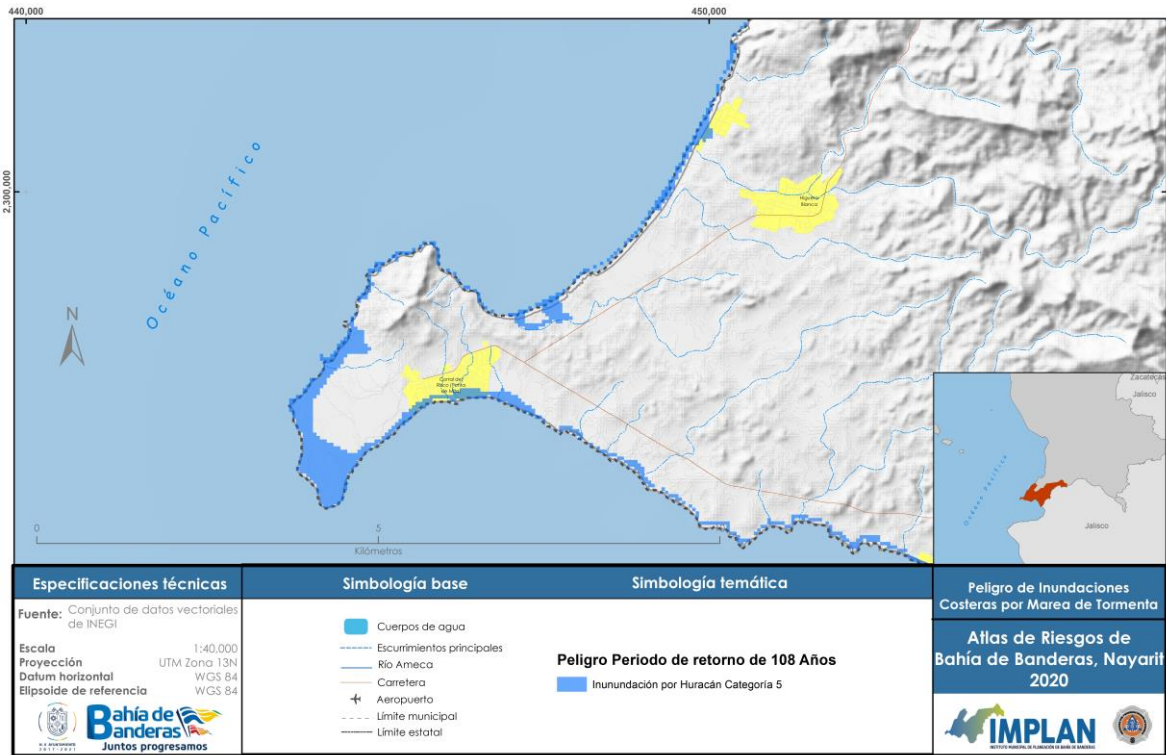
Fuente: Elaboración propia con los resultados de los cálculos para la amplitud de la marea de tormentas y áreas inundables.



En el Mapa 10 se muestran detalles del peligro por inundaciones costeras para un periodo de retorno  $Tr = 108$  años, en el cual se puede observar que en el cual se puede observar que la afectación abarca en su totalidad la localidad de La Jarretaderas y más área en las demás localidades costeras, afectando a viviendas..

Mapa 10. Peligro por inundaciones costeras de marea de tormentas  $Tr: 108$  Años, Nuevo Vallarta, Punta de Mita y Costa Norte





Fuente: Elaboración propia con los resultados de los cálculos para la amplitud de la marea de tormentas y áreas inundables.

### *Estimación de la vulnerabilidad*

La Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos Fenómenos Hidrometeorológicos permite estimar el grado de vulnerabilidad a partir de la ubicación de las casas y propiedades de los habitantes respecto a la cercanía de la costa y de las características de las viviendas. La medición de la vulnerabilidad por inundaciones que se maneja, se refiere solamente a los bienes que tiene la población dentro de sus viviendas, conocida como “menaje” o “enseres”, por lo que se considera que las inundaciones ocurren lentamente, es decir, hay tiempo suficiente para que las personas puedan desalojar sus viviendas, de modo tal que sus vidas no se expongan, o bien, se cuenta con el Sistema de Alerta Temprana para Ciclones Tropicales (SIAT, CT) que permite realizar evacuaciones preventivas.

Para el caso de estudio, se decidió levantar las características físicas de una muestra del total de las viviendas del municipio debido a que los problemas por inundaciones están latentes a lo largo del mismo (Ver documento “Tomo III Anexo 1”).

Las viviendas se clasificaron en cinco niveles (Cuadro 7) de acuerdo con el material y tipo de construcción, para poder inferir su afectación ante una inundación.

Cuadro 7. Índice de vulnerabilidad según el tipo de vivienda

| Tipo | Índice de Vulnerabilidad | Color       | Valor Bienes  |
|------|--------------------------|-------------|---------------|
| I    | Alto                     | Rojo        | \$ 12,500.00  |
| II   | Medio - Alto             | Naranja     | \$ 50,000.00  |
| III  | Medio                    | Amarillo    | \$ 150,500.00 |
| IV   | Medio - Bajo             | Verde claro | \$ 300,000.00 |
| V    | Bajo                     | Verde       | \$ 450,000.00 |

A partir de la información obtenida del levantamiento de las características físicas en campo y con información del vuelo fotogramétrico realizado en el año 2019 por el municipio de Bahía de Banderas, se identificó el número de casos de los diferentes tipos de viviendas, como se muestra en la tabla siguiente:

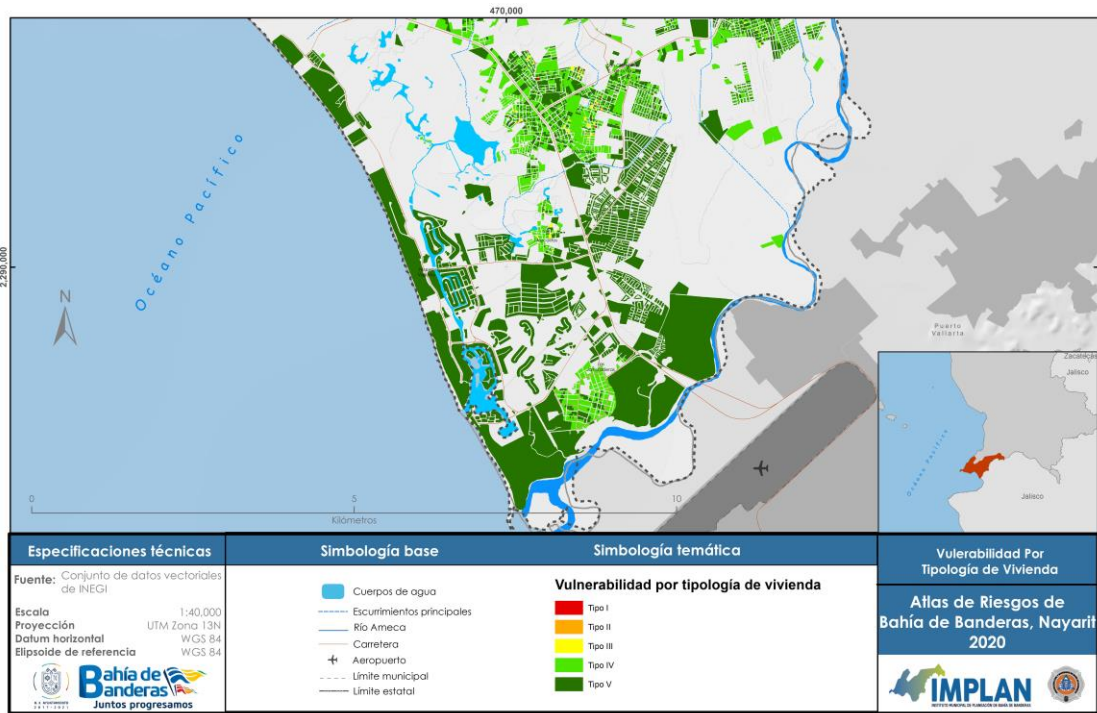
Cuadro 8. Identificación del tipo de viviendas

| Características   | No. de casos |
|-------------------|--------------|
| Vivienda Tipo I   | 809          |
| Vivienda Tipo II  | 888          |
| Vivienda Tipo III | 3630         |
| Vivienda Tipo IV  | 24114        |
| Vivienda Tipo V   | 39656        |
| Total             | 69097        |

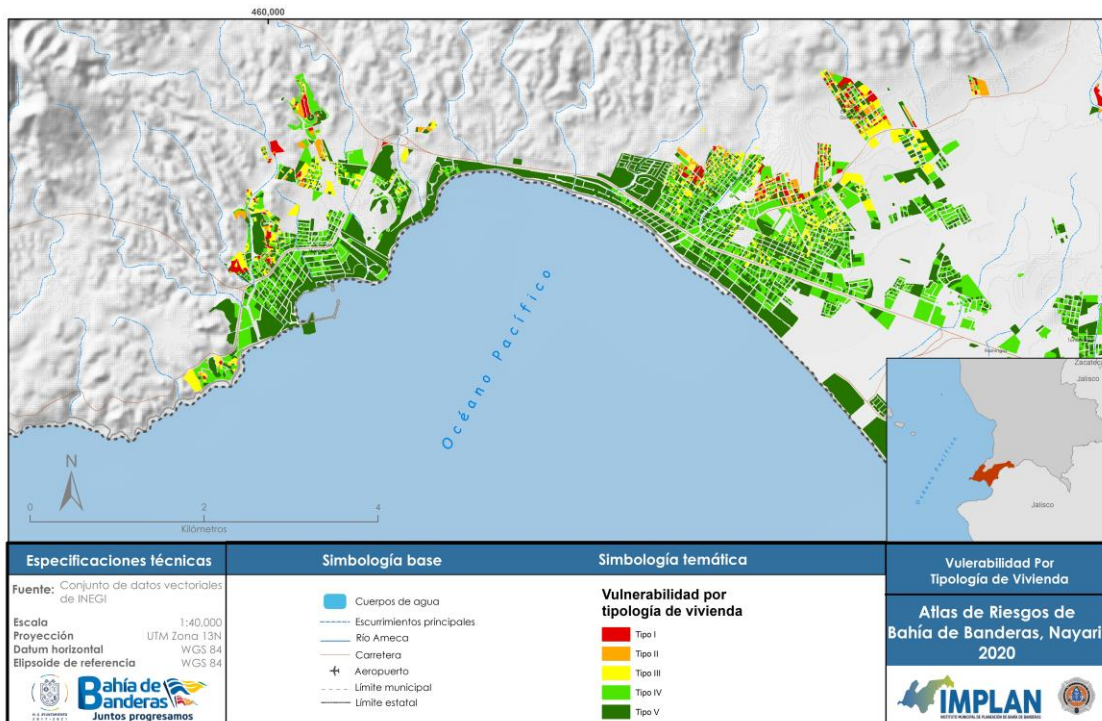
*Fuente: Número de predios identificados en la restitución fotogramétrica del ortomosaico capturado en el Vuelvo del 2019.*

Finalmente, la tipología definida corresponde al mapa de vulnerabilidad por inundaciones (Mapa 11, Mapa 12, Mapa 13, Mapa 14, Mapa 15, Mapa 16 y Mapa 17)

Mapa 11. Vulnerabilidad por tipología de vivienda, Nuevo Vallarta

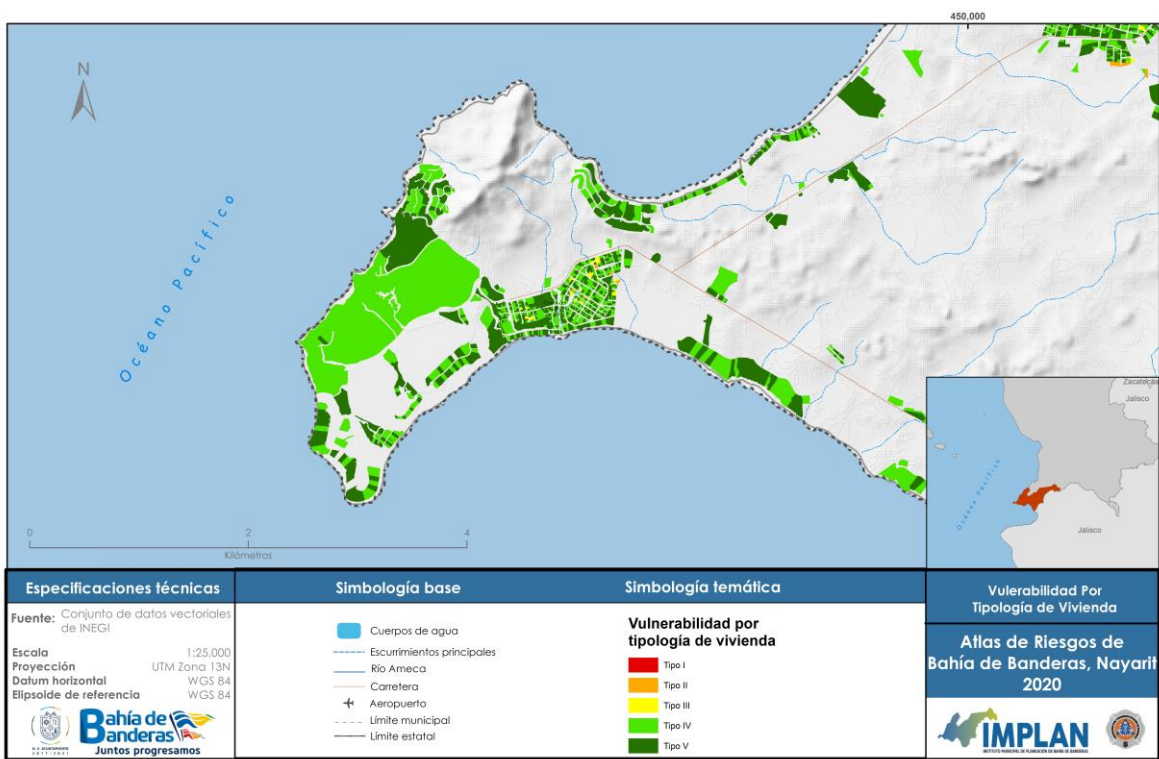


Mapa 12. Vulnerabilidad por tipología de vivienda, Bucerías y La Cruz de Huanacaxtle

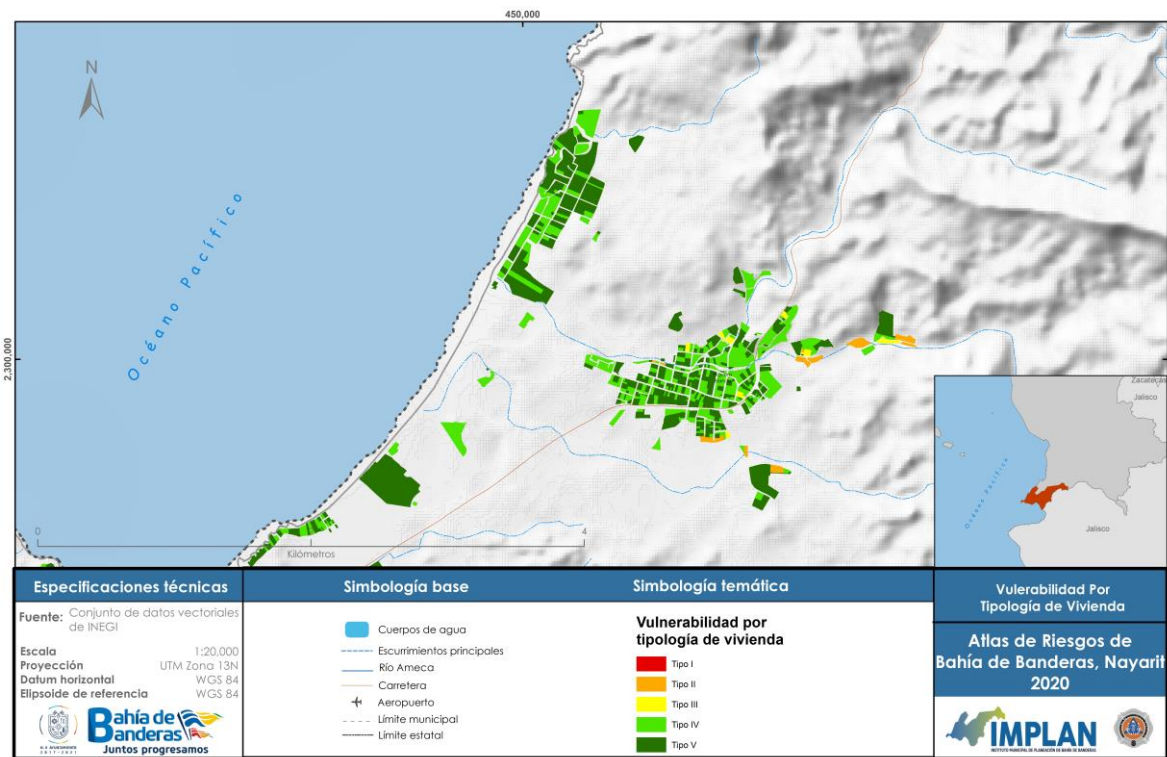




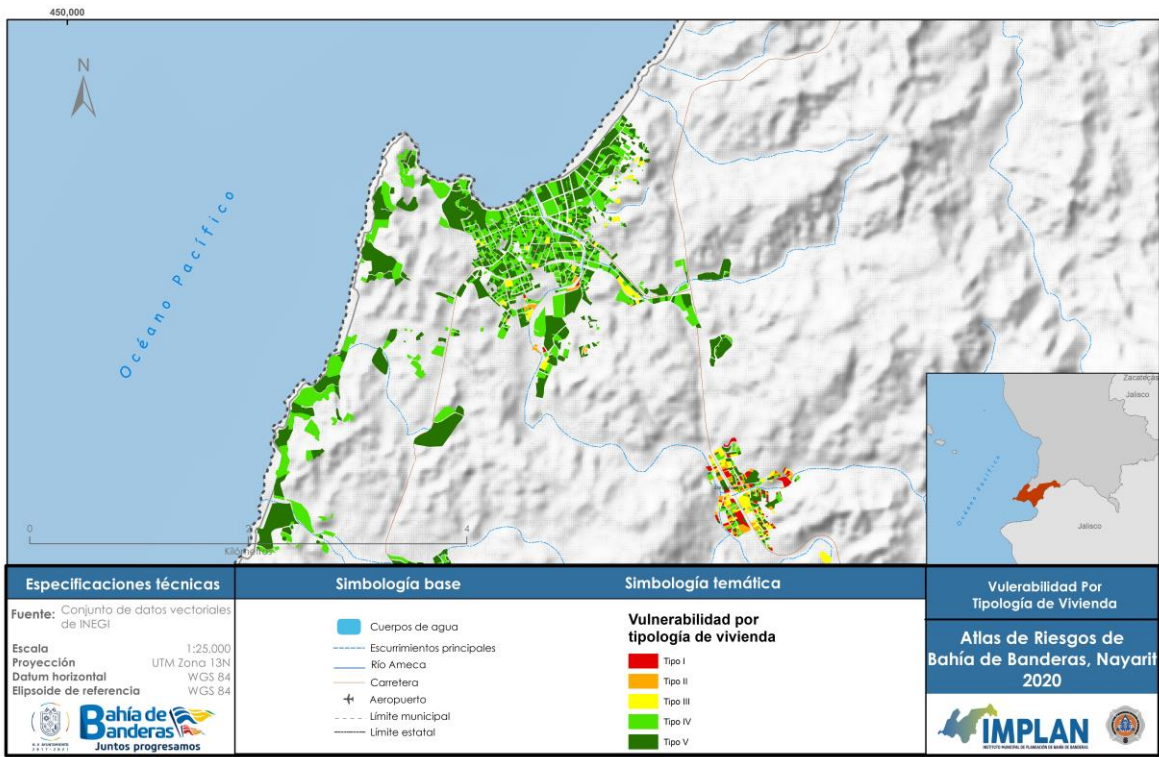
Mapa 13. Vulnerabilidad por tipología de vivienda Punta de Mita



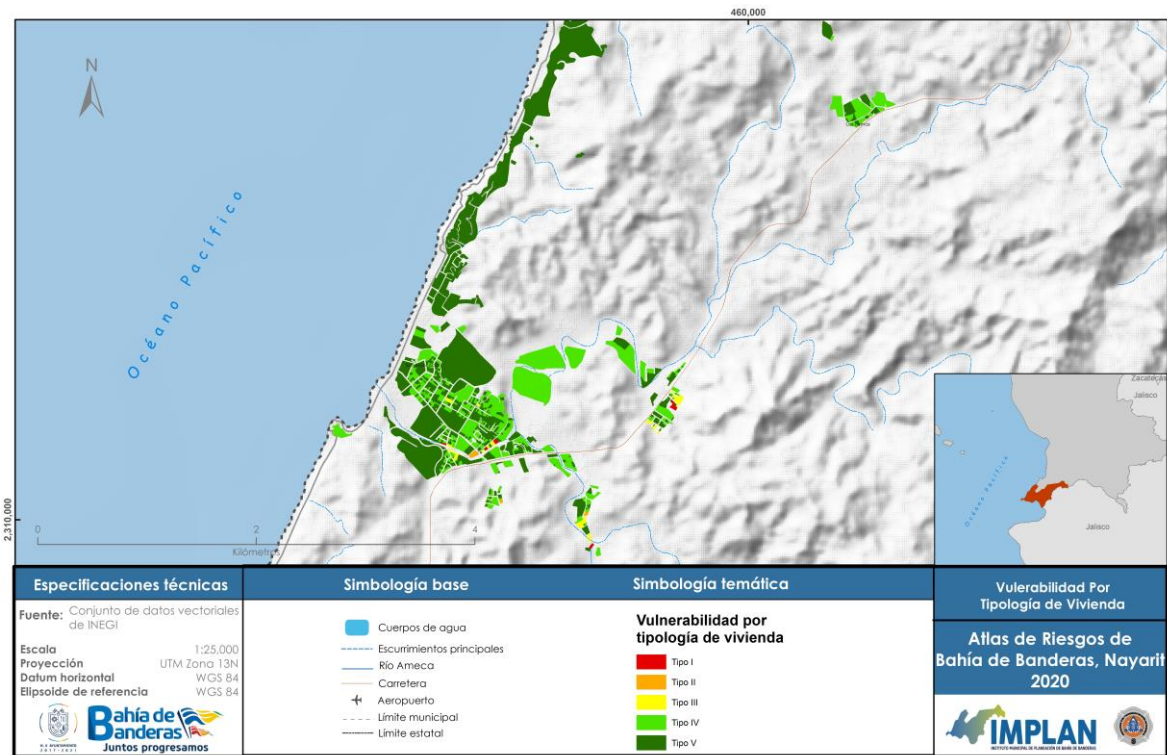
Mapa 14. Vulnerabilidad por tipología de vivienda, Litibú



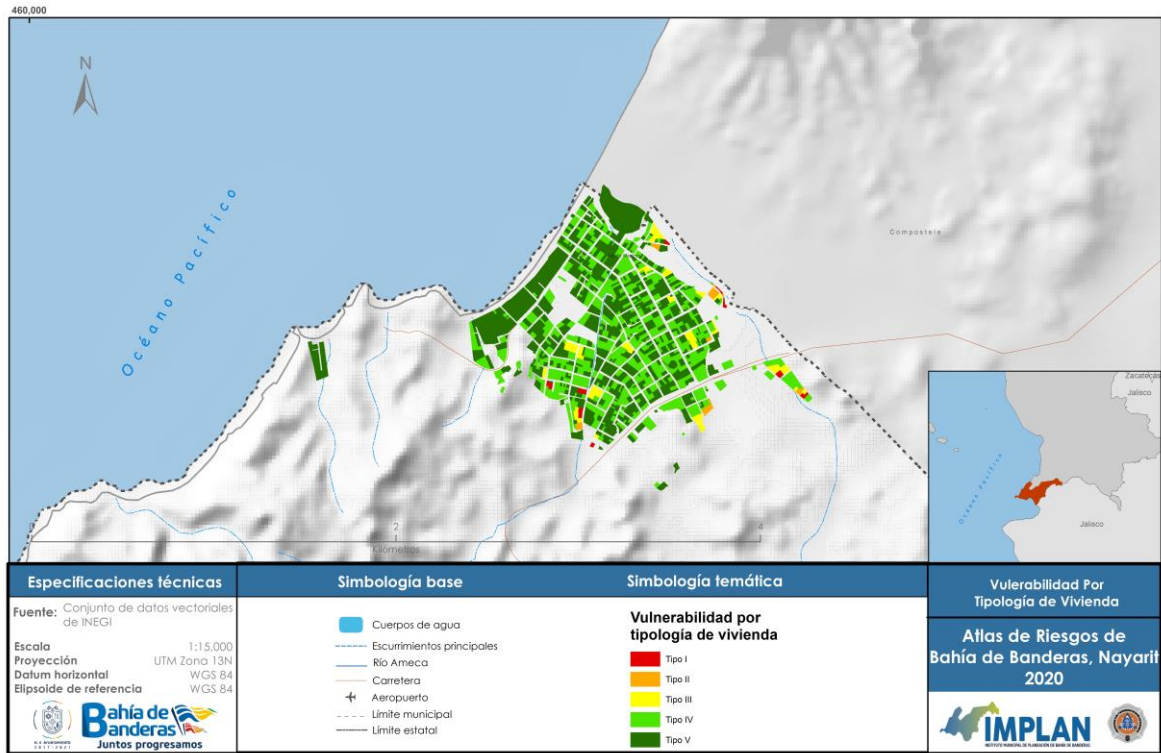
Mapa 15. Vulnerabilidad por tipología de vivienda, Sayulita



Mapa 16. Vulnerabilidad por tipología de vivienda, San Francisco



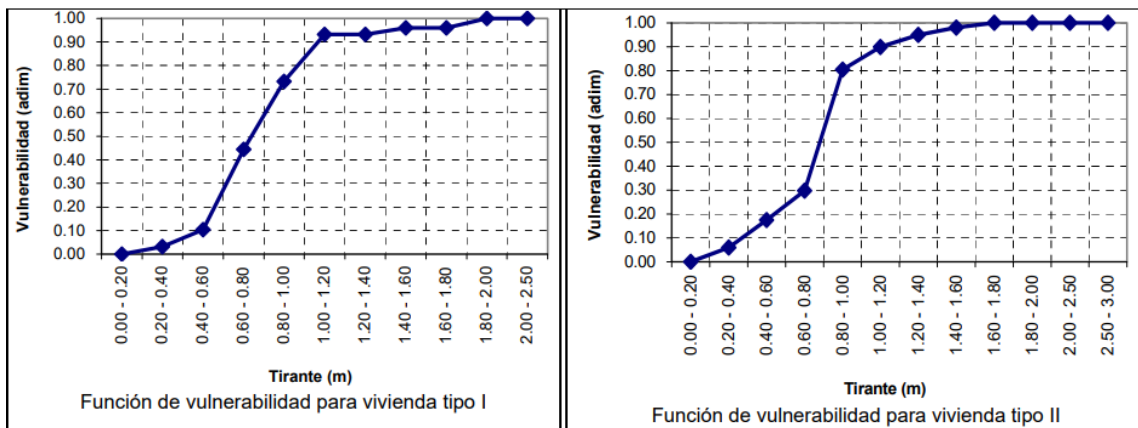
Mapa 17. Vulnerabilidad por tipología de vivienda, Lo de Marcos



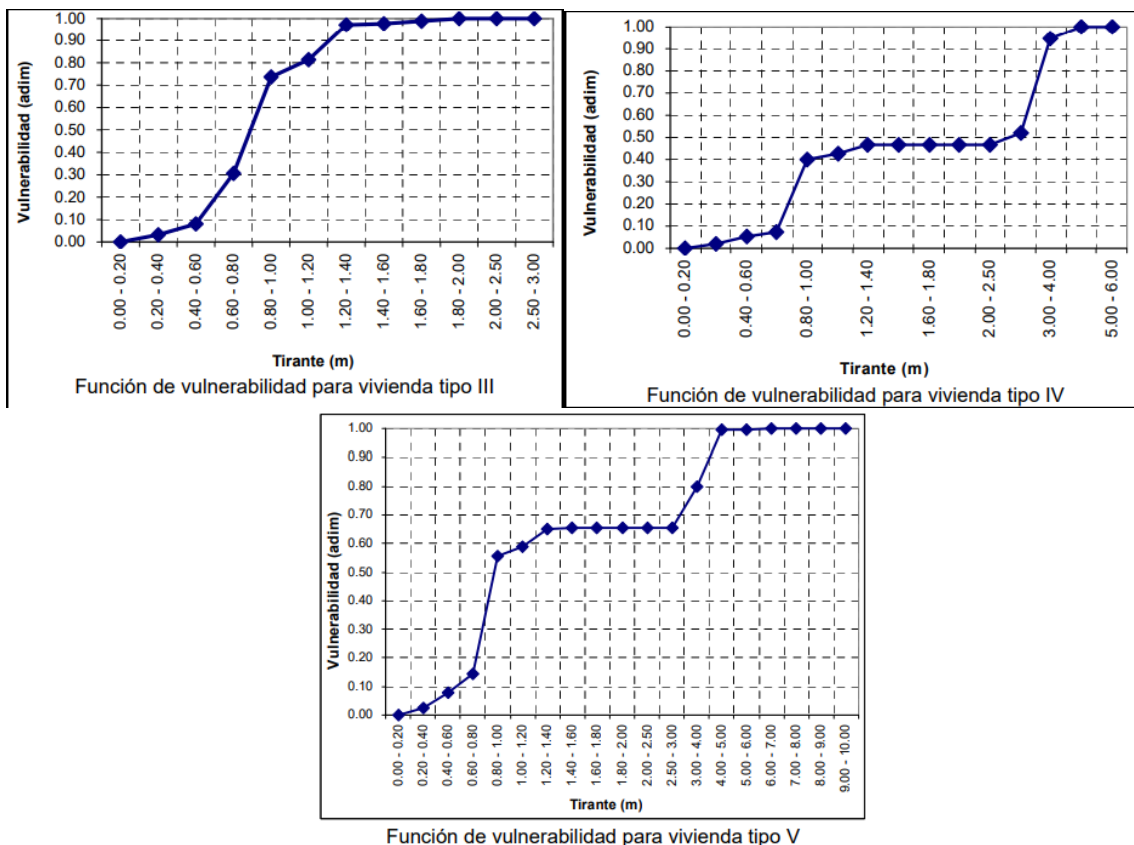
Los mapas de vulnerabilidad fueron realizados a partir de la información obtenida del levantamiento de las características físicas en campo y con información del vuelo fotogramétrico realizado en el año 2019 por el municipio de Bahía de Banderas.

Por otra parte, las funciones de vulnerabilidad definidas en la sección 1.3 “Criterios de evaluación de la vulnerabilidad física”, de la Guía Básica son:

Figura 1. Funciones de Vulnerabilidad para Vivienda







Fuente: guía Básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos.

### Evaluación del riesgo

La estimación del riesgo por inundación se hizo de para cada periodo de retorno analizado. Para determinar las profundidades de la inundación asociadas con cada periodo de retorno, la estimación de la vulnerabilidad en cada caso, la definición de los daños en cada escenario y, finalmente el cálculo del riesgo, se utilizó el siguiente procedimiento:

Magnitud de la inundación (profundidades de agua de la inundación). La profundidad del agua, calculada para cada casa y en cada escenario es el resultado de la primera parte de esta metodología (peligro).

Estimación de la vulnerabilidad. Después de verificar los materiales en techo y muros de las viviendas e identificar el tipo al que corresponde (I, II, III, IV y V), se selecciona la función de vulnerabilidad correspondiente.

Estimación de los daños. De acuerdo con la tipología de las viviendas, con sus funciones de vulnerabilidad y de la profundidad de agua de la inundación, se calcula la pérdida total en cada vivienda.

Cálculo del riesgo. Para definir el riesgo en cada vivienda es necesario llevar a cabo los tres pasos anteriores, es decir, calcular los daños en toda la localidad, o en la zona afectada, posteriormente el rango en el que varían las pérdidas (desde la mínima hasta la máxima, de

acuerdo con lo que se haya calculado) se divide en intervalos y cada vivienda se ubica en el que le corresponda.

#### *Escenarios para cada periodo de retorno analizado*

Para cada uno de los periodos de retorno analizados en la parte de peligro, se calcularon las elevaciones alcanzadas por el agua para la ubicación de cada casa.

Dado que algunas de las viviendas fueron desplantadas por encima del terreno natural, se realizan las tareas siguientes:

1. Comparar la altura o profundidad de agua respecto a la elevación de desplante de la vivienda. Si la profundidad está por debajo del nivel de la entrada de la vivienda (está sobreelevada o no) no entra agua en la vivienda, en caso contrario la vivienda sí es afectada por una inundación. Para determinar la altura de la inundación dentro de la vivienda, a la profundidad de agua se le resta la sobreelevación.
2. Con ese valor (tirante) se entra a la función de vulnerabilidad correspondiente, de acuerdo con el tipo de vivienda que se trate, para estimar el porcentaje de daños.
3. Para estimar el riesgo, ese porcentaje de daños se multiplica por el valor de cada vivienda y por la probabilidad de ocurrencia del evento (Cuadro 5).

*Ecuación 5*

$$R(i) = C P(i)V(i)$$

donde:

R(i) Riesgo para el próximo evento con periodo de retorno "i", en pesos

C Costo de la vivienda, en función de su tipología, en pesos

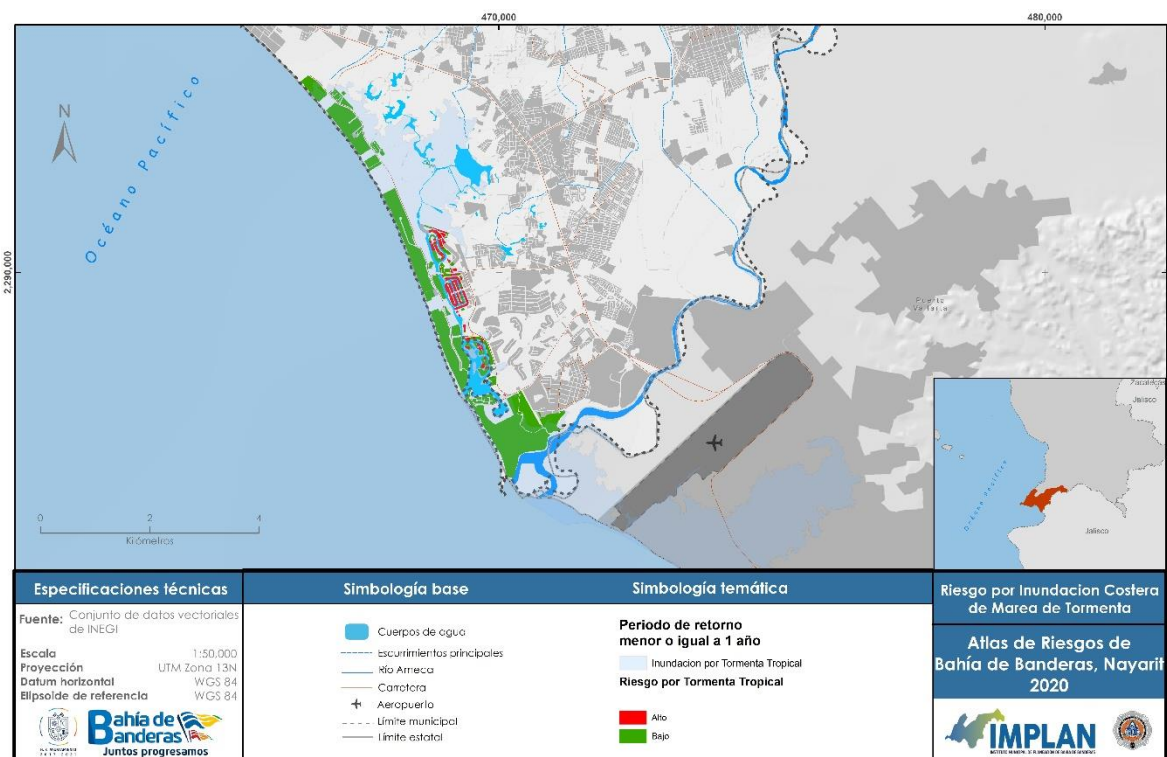
P(i) Probabilidad de ocurrencia del evento con periodo de retorno "i", adimensional

V(i) Vulnerabilidad de cada vivienda, adimensional

*Escenario para un periodo de retorno de 1 año o menor, tormenta tropical (TT)*

De acuerdo con el análisis realizado (Mapa 11 - Mapa 17Mapa 18), para este periodo de retorno, una parte de Nuevo Vallarta se inundará con una amplitud de marea de tormenta de 1.56 m. De acuerdo con los resultados del análisis, la probabilidad de recurrencia es 3.687, siendo muy pocas las viviendas afectadas por la entrada de agua; al examinar el valor de las profundidades de agua que se presentan en la zona afectada, se observa que estas tienen un promedio de 56 cm. Por último, para un evento correspondiente a  $Tr = 1$  año (Mapa 18), se tiene un valor del riesgo de \$ 3'163,320.00.

Mapa 18. Riesgo de inundación Costera por Tormenta Tropical

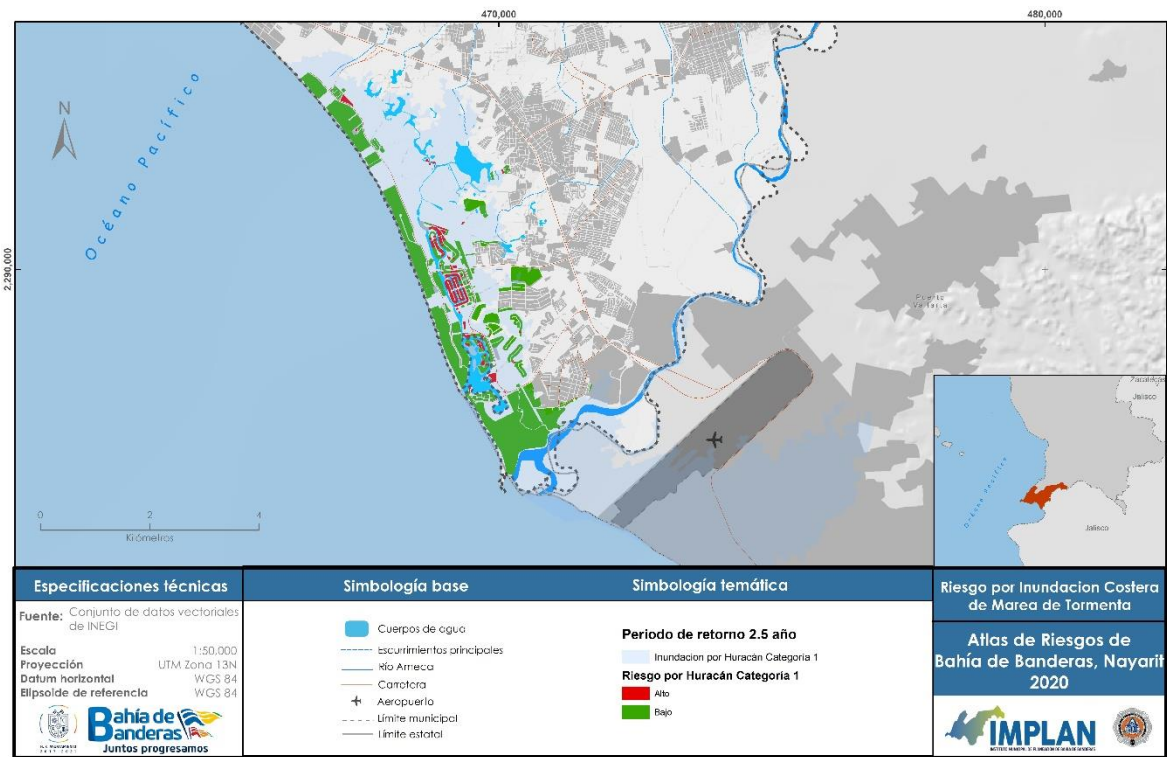


*Fuente: Elaboración propia con base en los resultados del análisis de Riesgos*

*Escenario para un periodo de retorno de 2.5 años, Huracán categoría 1 (H1)*

De acuerdo con el análisis realizado (Mapa 11 - Mapa 17), para este periodo de retorno, se amplía la parte de Nuevo Vallarta que se inundará con una amplitud de la marea de tormenta de 1.70 m. A partir de los resultados del análisis, la probabilidad de recurrencia es 0.58, siendo muy pocas viviendas afectadas por la entrada de agua; al examinar el valor de las profundidades de agua que se presentan en la zona afectada, se observa que estas tienen un promedio de 70 cm. Por último, para un evento correspondiente a  $Tr = 2.5$  años (Mapa 19), se tiene un valor del riesgo de \$ 8'792,655.00.

Mapa 19. Riesgo de inundación Costera por Huracán Categoría 1



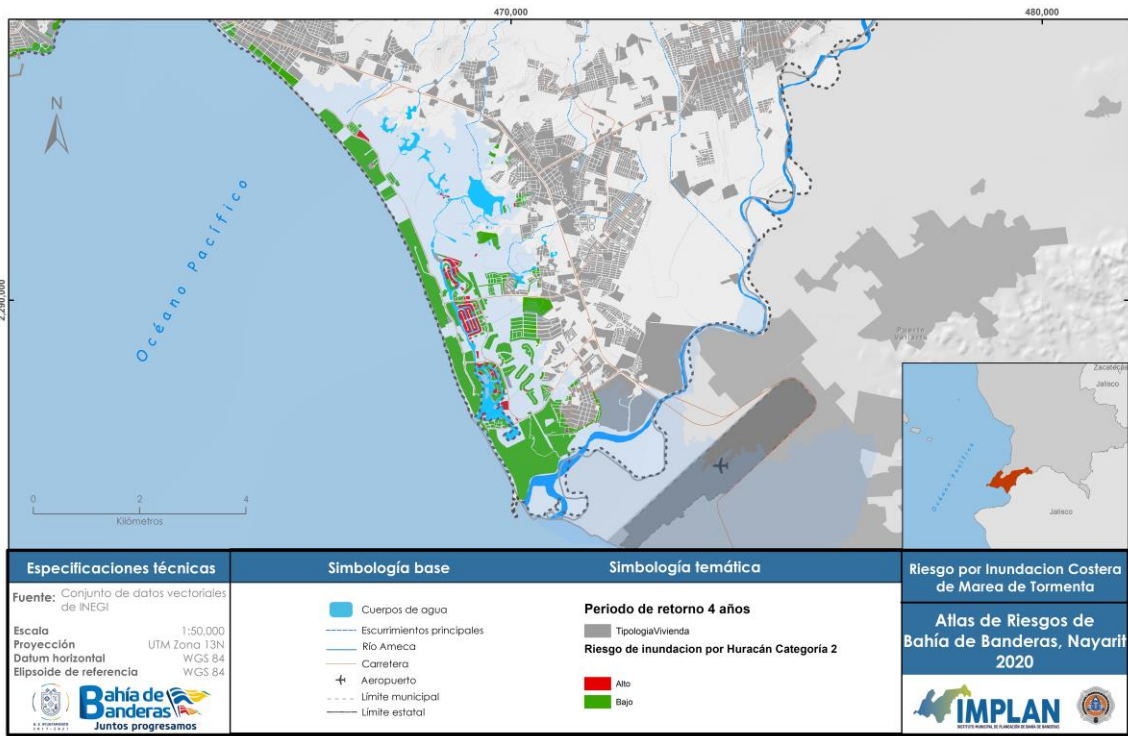
*Fuente: Elaboración propia con base en los resultados del análisis de Riesgos*

*Escenarios para un periodo de retorno igual o mayor de 9 años, huracán categorías 2, 3 y 4 (H2, H3 y H4)*

Para el escenario en el que sucede un evento con  $Tr$  mayor o igual a 4 años (Mapa 20, Mapa 21, Mapa 22) las viviendas afectadas son prácticamente las mismas que en el caso de los eventos menores; sin embargo, la diferencia radica en que las profundidades de agua son mayores y, por lo tanto, su vulnerabilidad aumenta. En el caso para la intensidad de H2 ( $Tr = 4$  años), la probabilidad de que ocurra este escenario es 0.3364, cuyo valor de riesgo asciende a \$ 15'372,337.50.

Los daños estimados para una intensidad de H3 ( $Tr = 6$  años) tienen un valor de riesgo de \$ 30'395.137.50 para una probabilidad baja de que ocurra el mismo de 0.195 (Cuadro 5). Para el caso de la intensidad H4 los daños calculados en las viviendas pasan los \$ 37'341,975.00, con una probabilidad de que se presente es 0.11.

Mapa 20. Riesgo de inundación Costera por Huracán Categoría 2, Nuevo Vallarta



Fuente: Elaboración propia con base en los resultados del análisis de Riesgos

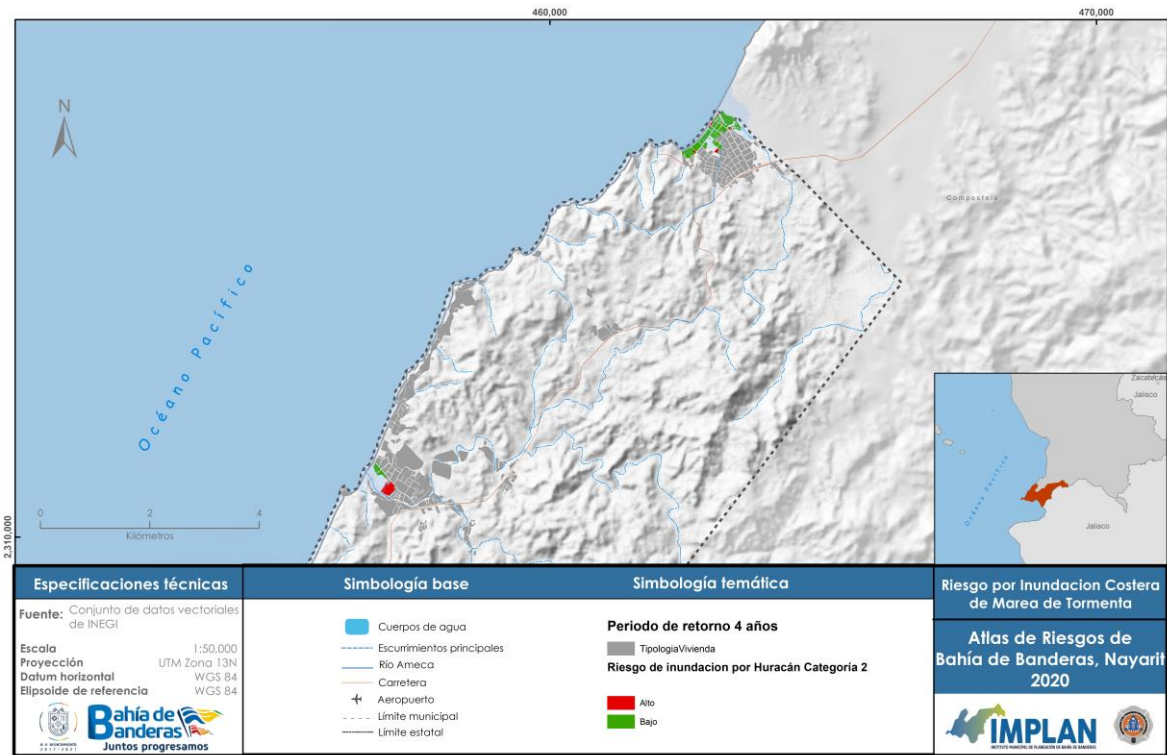
Mapa 21. Riesgo de inundación Costera por Huracán Categoría 2, Punta de Mita y La Cruz de Huanacaxtle



Fuente: Elaboración propia con base en los resultados del análisis de Riesgos

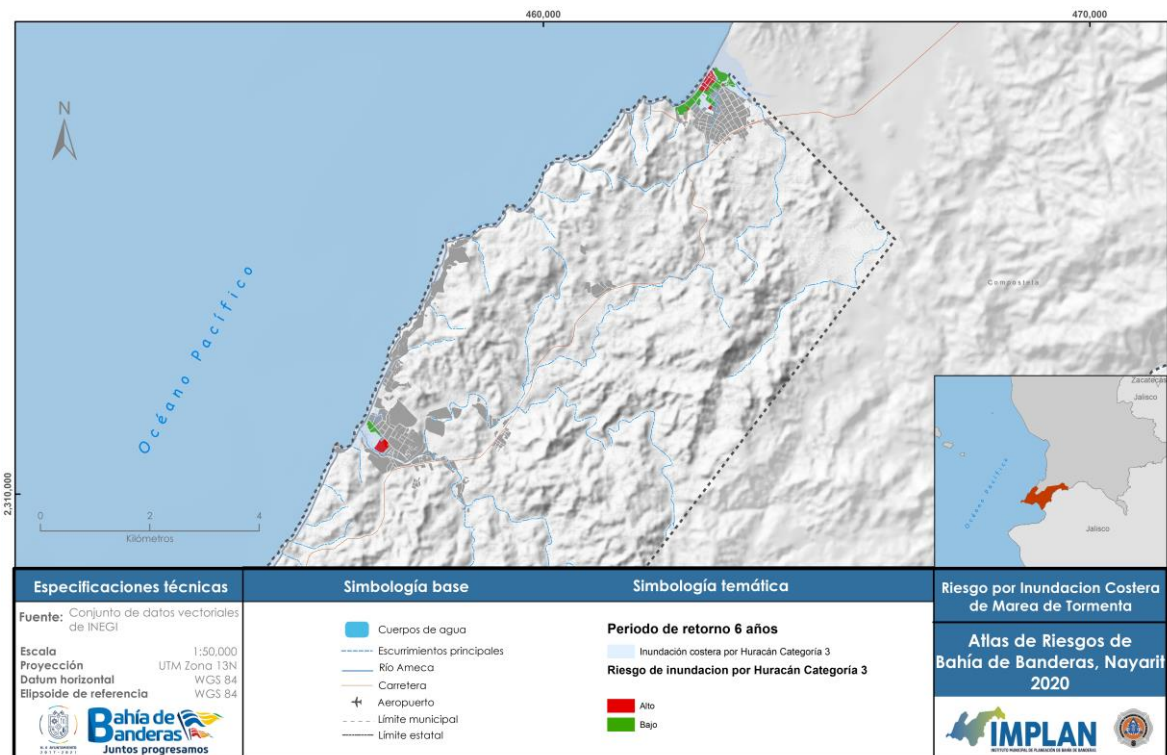


Mapa 22. Riesgo de inundación Costera por Huracán Categoría 2, San Francisco y Lo de Marcos



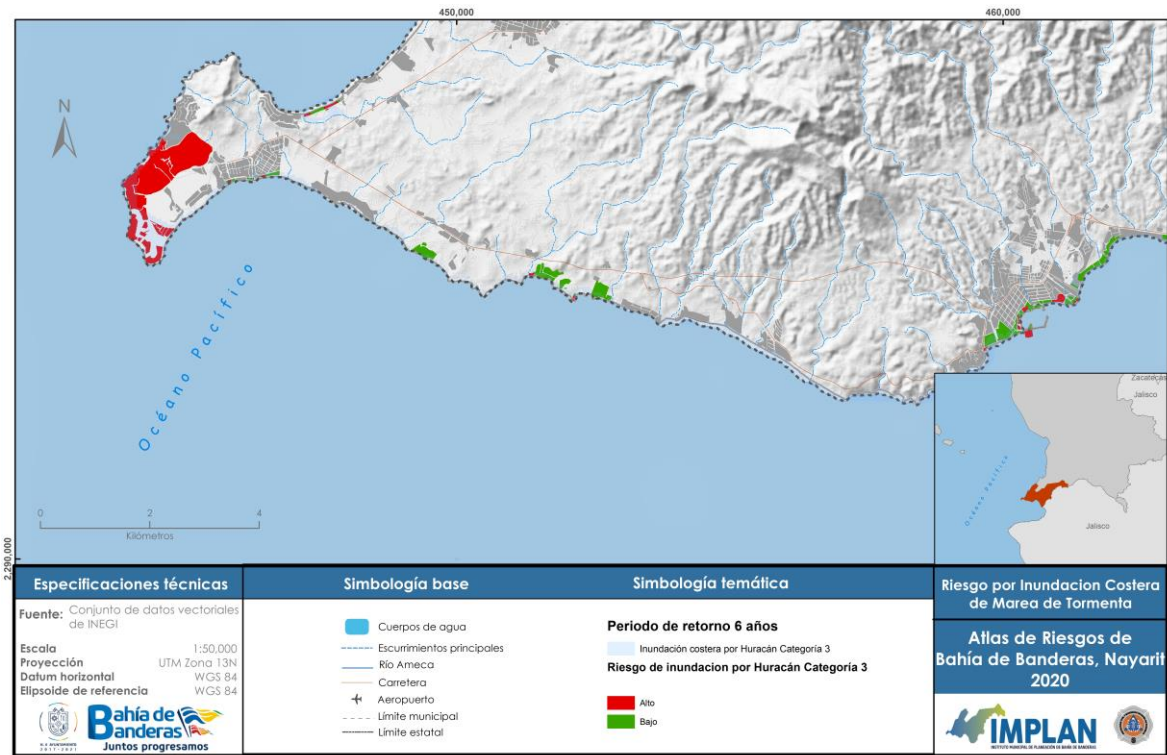
Fuente: Elaboración propia con base en los resultados del análisis de Riesgos

Mapa 23. Riesgo de inundación Costera por Huracán Categoría 3, San Francisco y Lo de Marcos



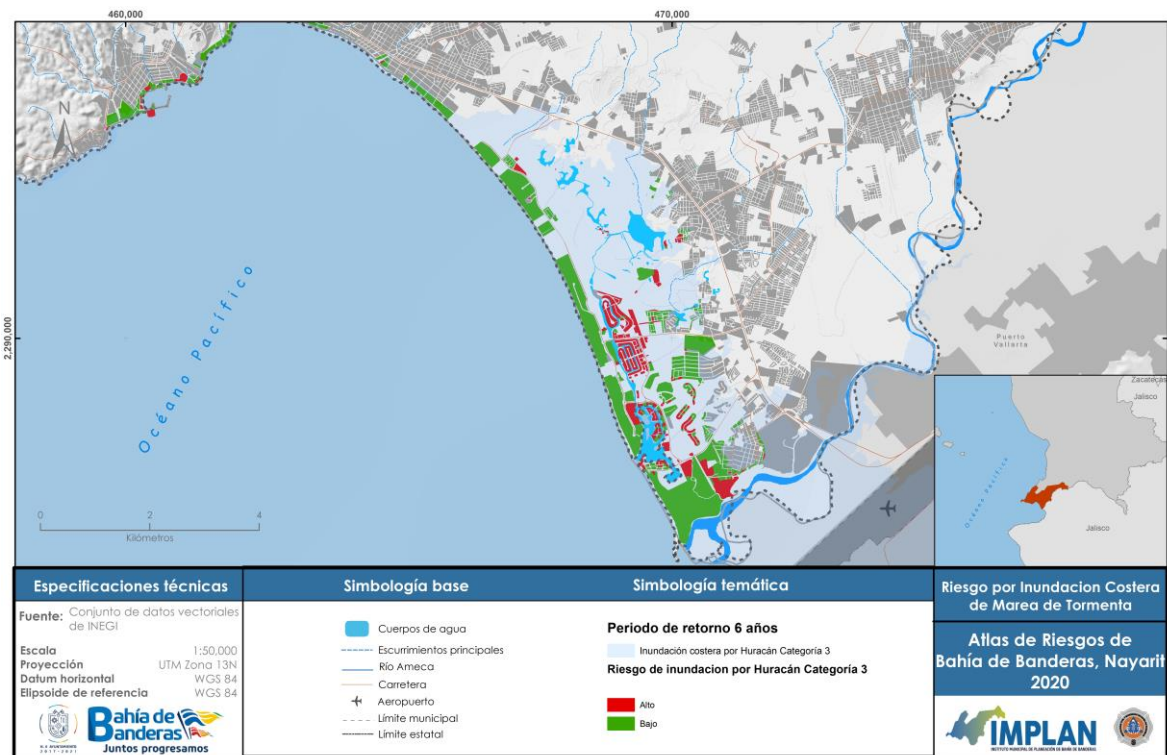
Fuente: Elaboración propia con base en los resultados del análisis de Riesgos

Mapa 24. Riesgo de inundación Costera por Huracán Categoría 3, Punta de Mita y La Cruz de Huanacastle



Fuente: Elaboración propia con base en los resultados del análisis de Riesgos

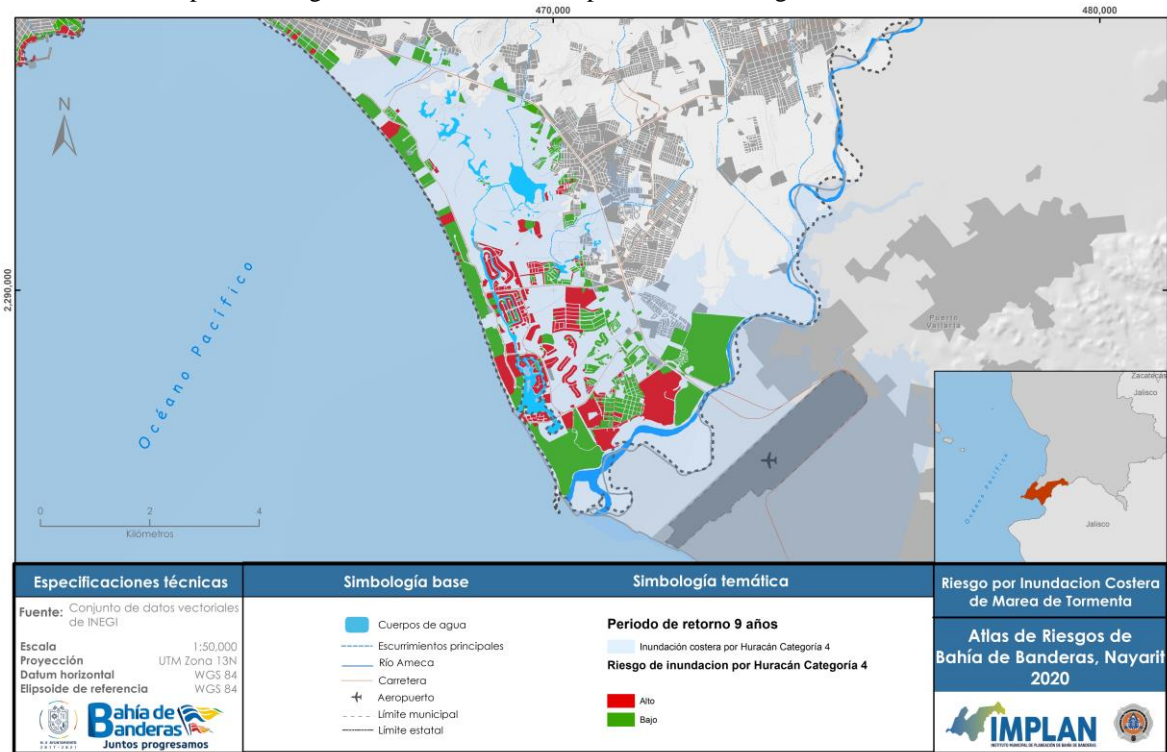
Mapa 25. Riesgo de inundación Costera por Huracán Categoría 3, Nuevo Vallarta



Fuente: Elaboración propia con base en los resultados del análisis de Riesgos

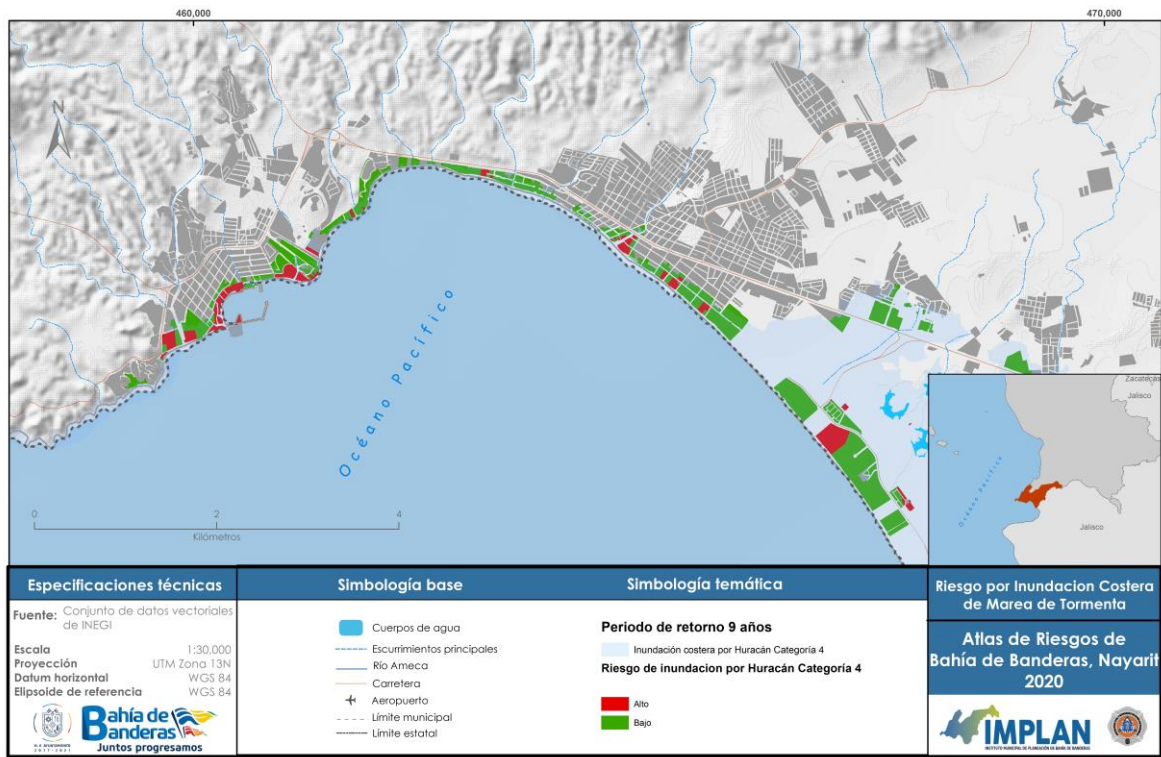


Mapa 26. Riesgo de inundación Costera por Huracán Categoría 4, Nuevo Vallarta



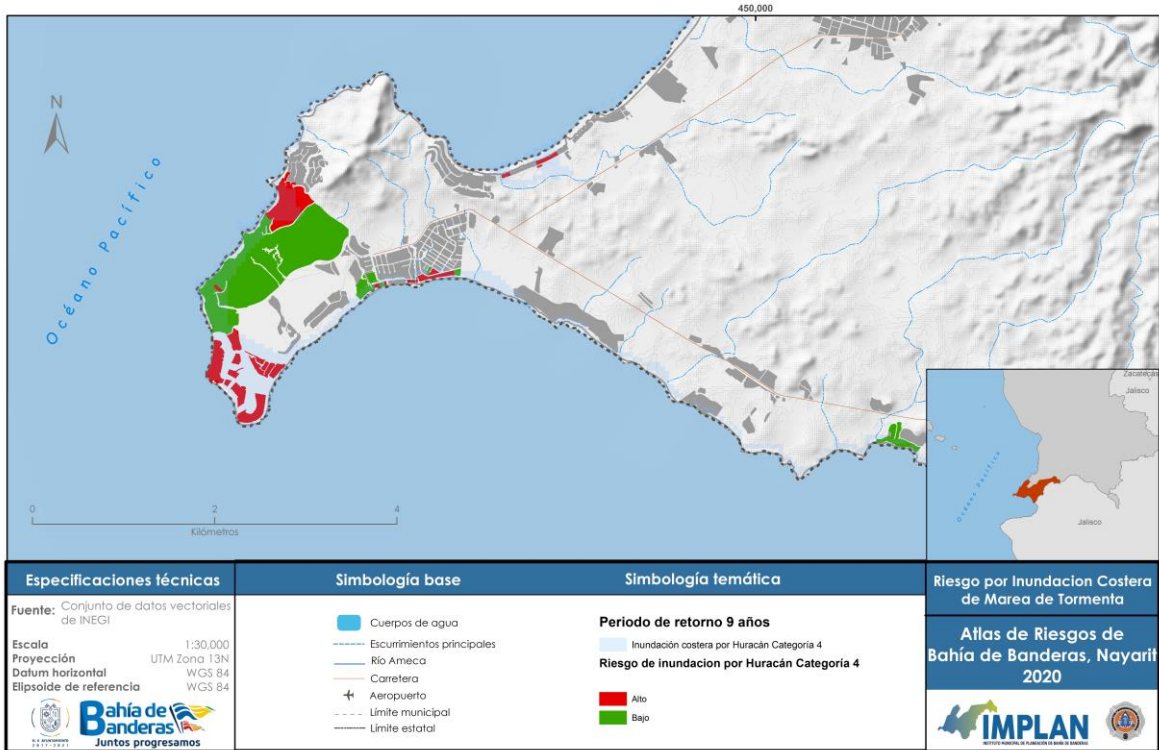
Fuente: Elaboración propia con base en los resultados del análisis de Riesgos

Mapa 27. Riesgo de inundación Costera por Huracán Categoría 4, Bucerías y La Cruz de Huanacaxtle



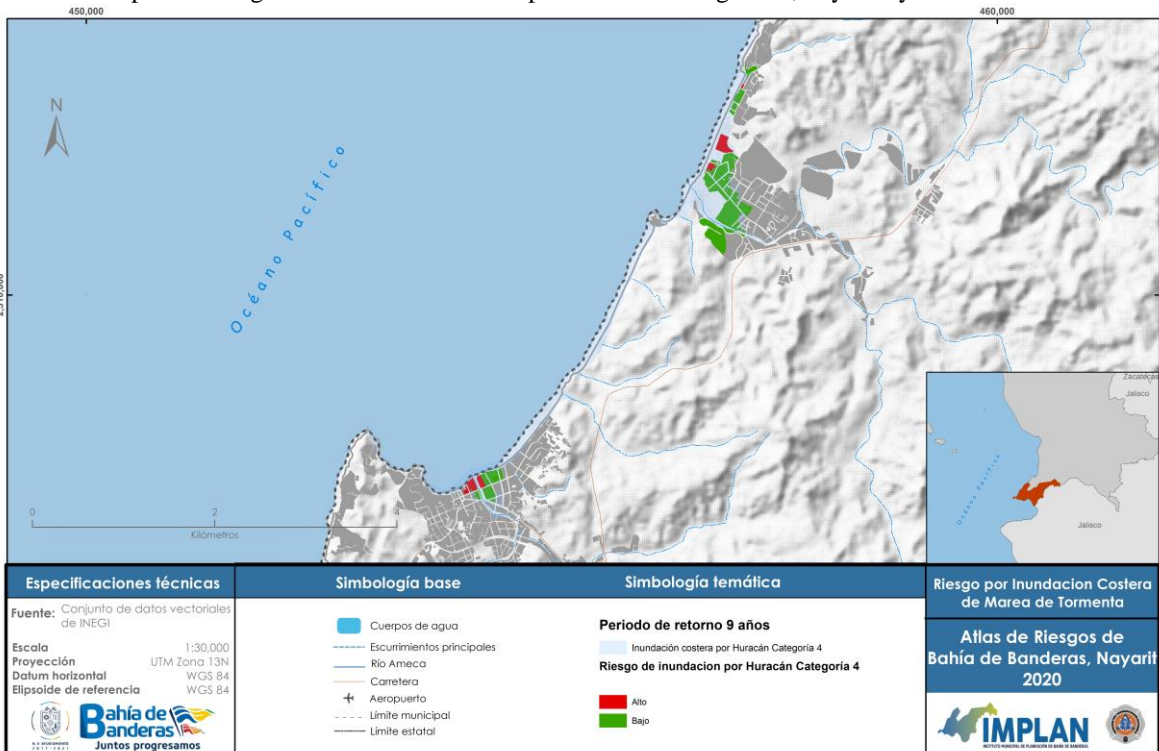
Fuente: Elaboración propia con base en los resultados del análisis de Riesgos

Mapa 28. Riesgo de inundación Costera por Huracán Categoría 4, Punta de Mita



Fuente: Elaboración propia con base en los resultados del análisis de Riesgos

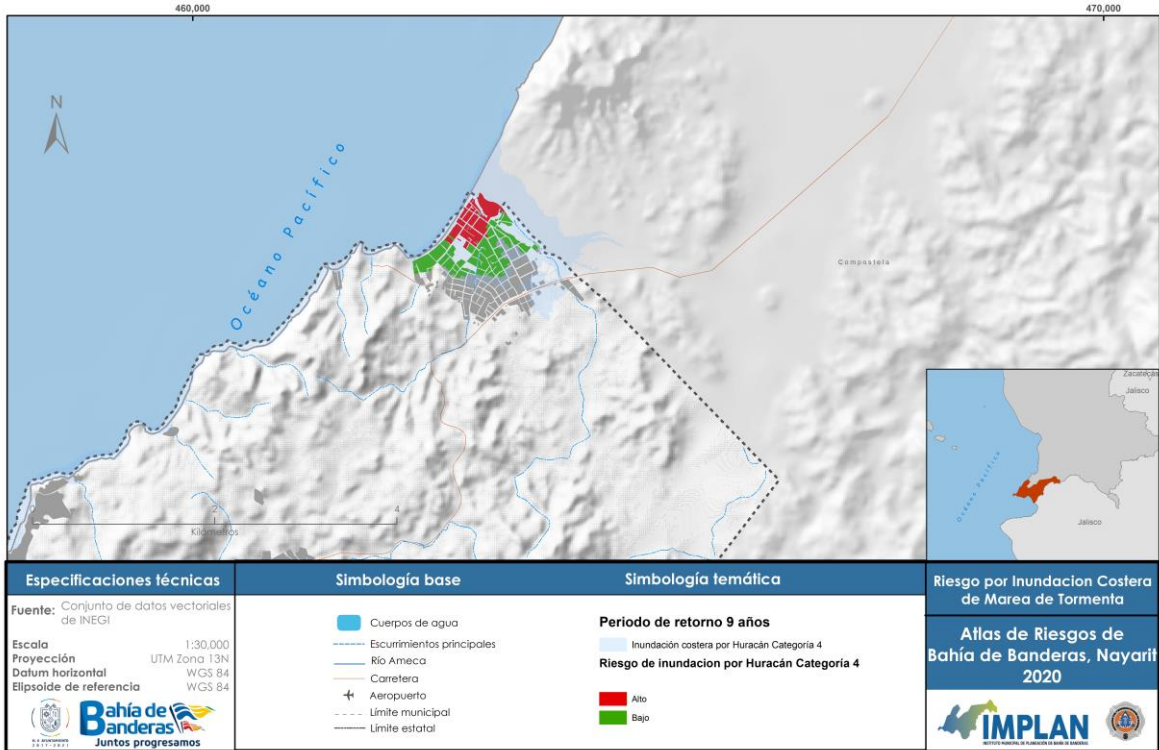
Mapa 29. Riesgo de inundación Costera por Huracán Categoría 4, Sayulita y San Francisco



Fuente: Elaboración propia con base en los resultados del análisis de Riesgos

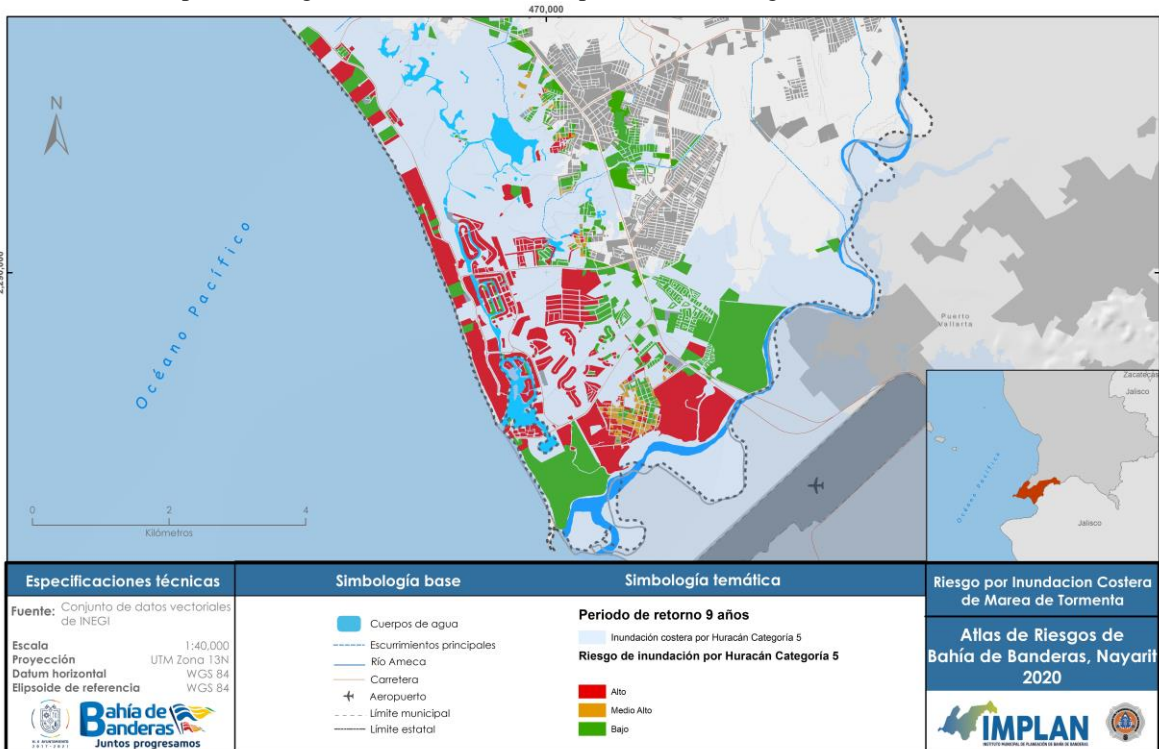


Mapa 30. Riesgo de inundación Costera por Huracán Categoría 4, San Marcos



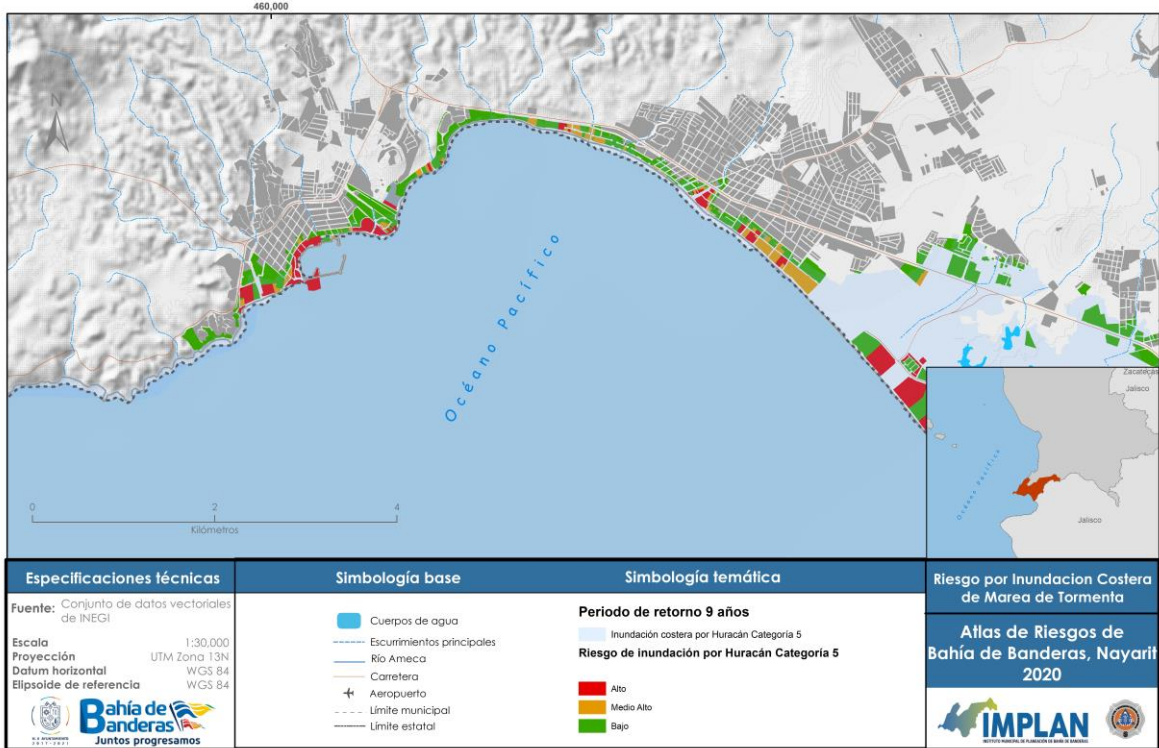
Fuente: Elaboración propia con base en los resultados del análisis de Riesgos

Mapa 31. Riesgo de inundación Costera por Huracán Categoría 5, Nuevo Vallarta



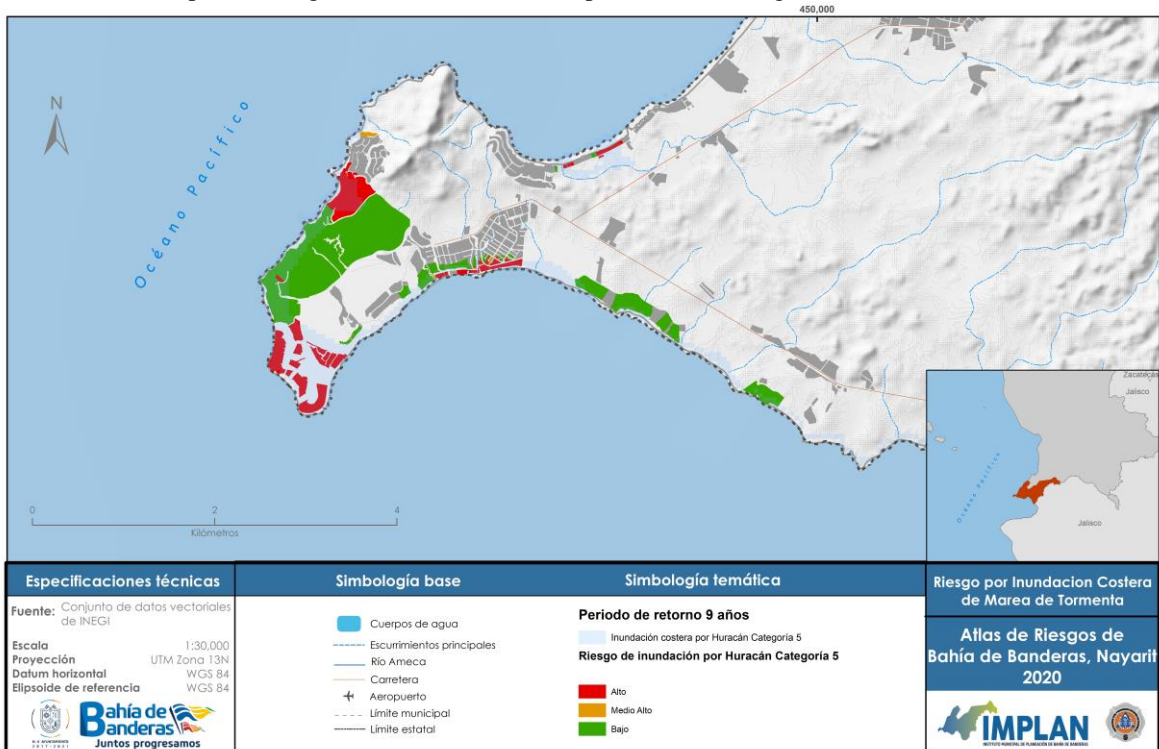
Fuente: Elaboración propia con base en los resultados del análisis de Riesgos

Mapa 32. Riesgo de inundación Costera por Huracán Categoría 5, La Cruz de Huanacastle y Bucerías



Fuente: Elaboración propia con base en los resultados del análisis de Riesgos

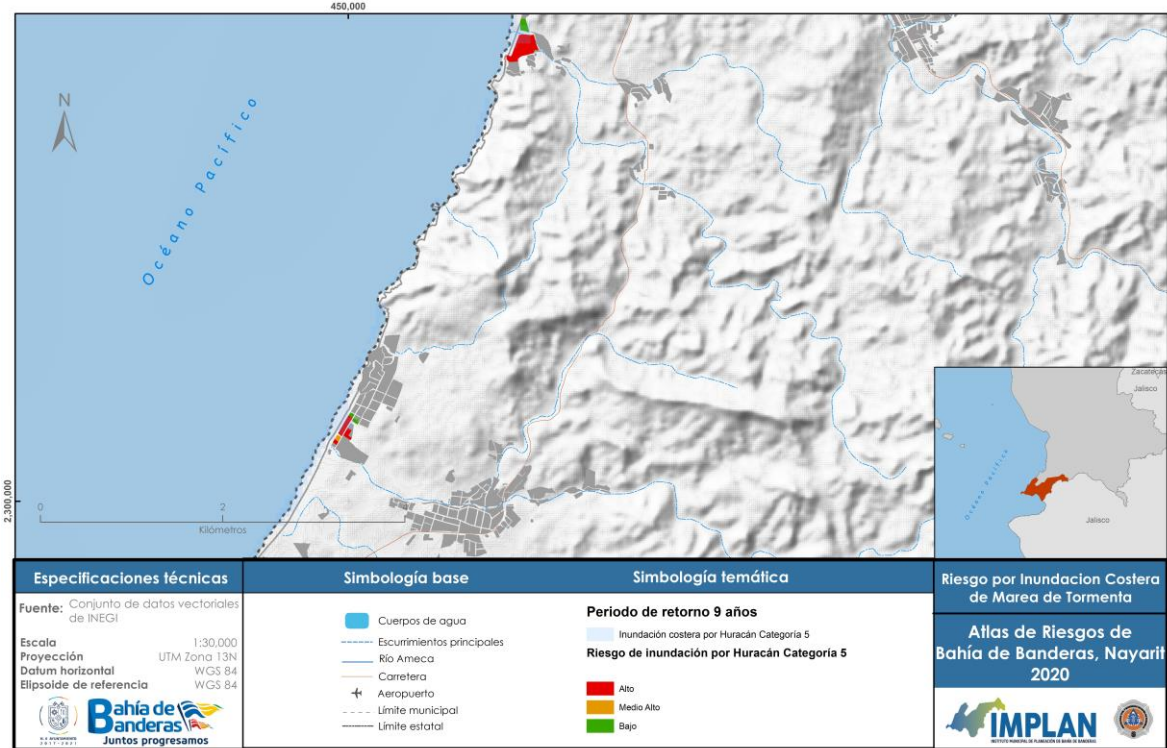
Mapa 33. Riesgo de inundación Costera por Huracán Categoría 5, Punta de Mita



Fuente: Elaboración propia con base en los resultados del análisis de Riesgos

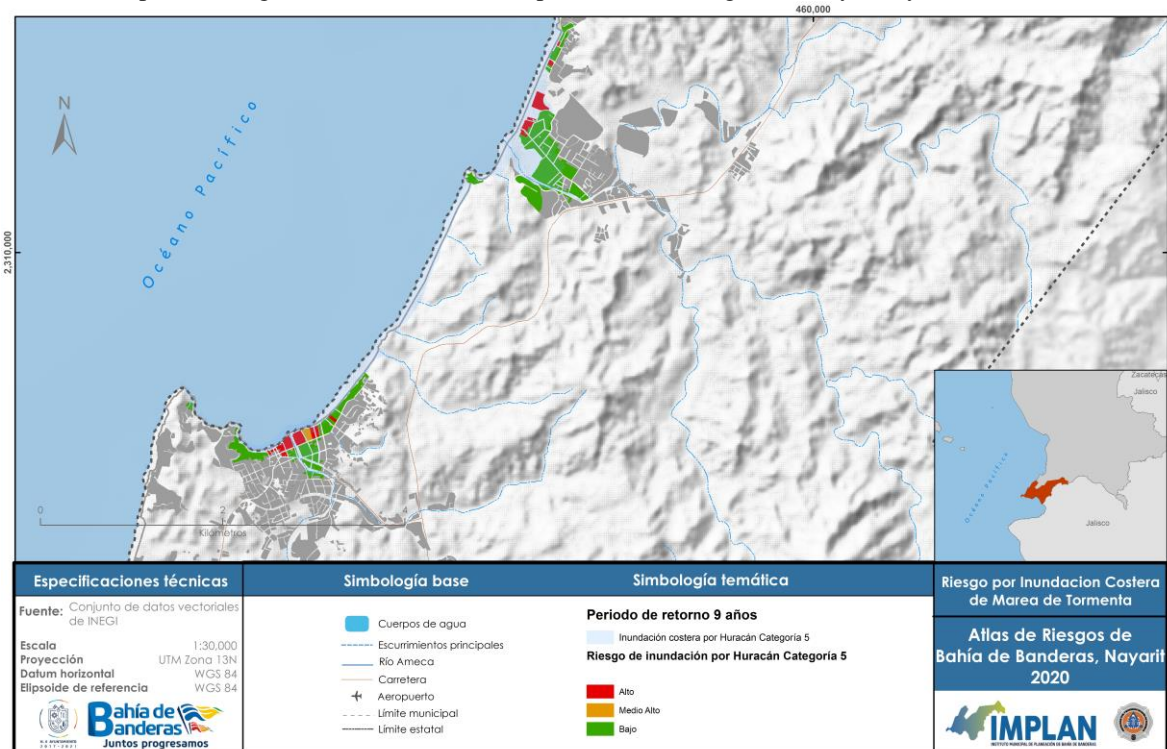


Mapa 34. Riesgo de inundación Costera por Huracán Categoría 5, Litibú



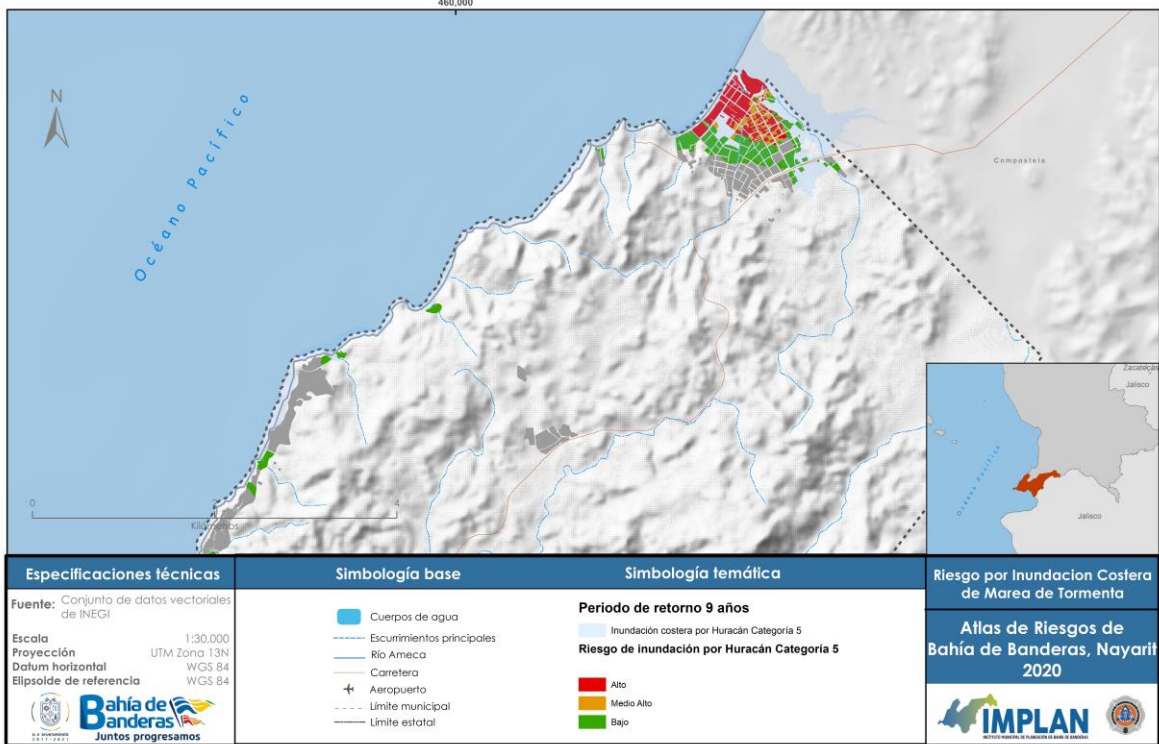
Fuente: Elaboración propia con base en los resultados del análisis de Riesgos

Mapa 35. Riesgo de inundación Costera por Huracán Categoría 5, Sayulita y San Francisco



Fuente: Elaboración propia con base en los resultados del análisis de Riesgos

Mapa 36. Riesgo de inundación Costera por Huracán Categoría 5, Lo de Marcos



Fuente: Elaboración propia con base en los resultados del análisis de Riesgos

### III.3 Inundaciones pluviales y fluviales

De acuerdo con el glosario internacional de hidrología (OMM/UNESCO, 1974), la definición oficial de inundación es: “aumento del agua por arriba del nivel normal del cauce”. En este sentido, “nivel normal” se debe entender como aquella elevación de la superficie del agua que no causa daños, es decir, es una elevación mayor a la habitual en el cauce que puede generar pérdidas materiales y humanas (CENPRED, 2014).

Según CEN-09, se definen a las inundaciones pluviales como consecuencias de la precipitación, se presentan cuando el terreno se ha saturado y el agua de lluvia excedente comienza a acumularse, pudiendo permanecer horas o días, hasta que evapore y el terreno recupere su capacidad de infiltración. Por otro lado, las inundaciones fluviales se generan cuando el agua que se desborda de los ríos queda sobre la superficie del terreno cercano a ellos.

Entre los factores a considerar en las inundaciones están: la distribución espacial de la lluvia, la topografía, las características físicas de los arroyos y ríos, la pendiente del terreno, la pérdida de cobertura vegetal, el uso de suelo, la basura dejada en las calles, la invasión de la gente en las zonas inundable y la expansión de la mancha urbana sin planificación (IMTA, 2016).

Es importante considerar el no invadir los cauces de los ríos para evitar los problemas de inundación en zonas habitadas y respetar las restricciones Federales, como lo indica la Ley de Aguas Nacionales Art. 3 Fracción XLVII.

#### *Metodología empleada para el análisis hidrológico*

Con la información climatológica de las estaciones que tienen área de influencia en el municipio se realiza un análisis estadístico y probabilístico que permite relacionar los parámetros meteorológicos para conocer así la intensidad del fenómeno, es decir, la probabilidad de ocurrencia de un evento extraordinario en el tiempo. Una vez ordenados los datos, se obtienen láminas de lluvia y se realiza un análisis estadístico con el fin de evaluar el mejor ajuste de una función de probabilidad y del periodo de retorno  $T_r$  (2,5,10,20, 50,100,200,500,1000) años.

#### *Pruebas estadísticas de homogeneidad*

Las características de las series hidrológicas como la media, desviación estándar y los coeficientes de correlación serial, se afectan cuando la serie presenta tendencia en la media o en la varianza, o cuando ocurren saltos negativos o positivos, tales anomalías son producidas por la pérdida de homogeneidad. (Escalante Sandoval & Reyes Chávez, 2008)

Las pruebas estadísticas que miden la homogeneidad de una serie de datos presentan una hipótesis nula y una regla para aceptarla o rechazarla. En este trabajo se aplicarán las técnicas de Helmer, t de Student y Cramer (Aranda).

#### *Funciones continuas de probabilidad.*

Existen varias funciones de distribución de probabilidad teórica y en su mayoría no es posible probarlas todas para un problema en particular, por lo tanto, se escogió de esas funciones las que mejor se adoptaron a la ponderación de la serie de máximas precipitaciones diarias registradas en las Estaciones San José del Valle, San Marcos, La Desembocada, Las Gaviotas y Valle de Banderas. En la Figura 2. Ecuaciones de distribución de probabilidades Figura 2, se enumeran algunas de las distribuciones comúnmente utilizadas con su función de distribución probabilidad y su respectiva aplicación para el ajuste de datos hidrológicos.



Figura 2. Ecuaciones de distribución de probabilidades

| DISTRIBUCION DE PROBABILIDADES PARA EL AJUSTE DE INFORMACION CLIMATOLOGICA |   |   |
|--|---|---|
| Distribución   | Función de densidad de probabilidad   | Aplicación  |
| Normal   | $f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\left\{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right\}}$                  | La precipitación anual (suma de los efectos de los muchos eventos)      |
| Log-normal   | $f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\left\{-\frac{(y-\mu_y)^2}{2\sigma_y^2}\right\}}; y = \log x$ | La distribución de tamaños de gotas de una lluvia                       |
| Pearson tipo III   | $f(x) = \frac{\lambda^\beta (x-\varepsilon)^{\beta-1} e^{-\lambda(x-\varepsilon)}}{\Gamma(\beta)}$    | La distribución de probabilidades de picos decrecientes máximos anuales |
| Valores extremos   |   |   |
| tipo I – Gumbel  | $f(x) = e^{-e^{-\frac{(x-\alpha)}{\beta}}}$   | Modelaje de las tormenta de lluvia                                      |
| tipo II – doble Gumbel   | $f(x) = (1-p)e^{-e^{-\frac{(x-\alpha_1)}{\beta_1}}} + pe^{-e^{-\frac{(x-\alpha_2)}{\beta_2}}}$        | Modelaje de las tormenta de lluvia                                      |

Fuente: Fundamentos de Hidrología Superficial, Aparicio 1997.

### Bondad de Ajuste

Determina si razonablemente puede pensarse que las mediciones muestrales analizadas provienen de una población que tiene dicha distribución teórica, mediante la comparación de las distribuciones de frecuencia acumulativa, teórica y observada. De uso frecuente son la prueba  $X^2$ , la de Kolmogorov-Smirnov y la del error cuadrático estándar.

La primera trabaja con valores agrupados, por lo que no es muy práctica; la segunda no requiere agrupar valores, se concentra en determinar el punto en el que estas dos distribuciones muestran la mayor divergencia, pero no evalúa las diferencias en su conjunto; mientras que la tercera es una mezcla de ambas pruebas, trabajando con los  $n_t$  datos independientes y sumando las divergencias parciales entre las probabilidades de excedencia o distribuciones de frecuencias, teórica,  $P_{Teo}$ , y empírica,  $P_{emp}$ . Para esta prueba de error cuadrático estándar se aplica la siguiente fórmula:

Ecuación 6

$$E = \sum_{i=1}^{n_t} \sqrt{\frac{(P_{teoi} - P_{empi})^2}{n_t - n_p}}$$

Donde:

$n_p$ : Número de parámetros de la distribución teórica.

Métodos Indirectos Empíricos (cálculo de gastos)

Los principales factores que intervienen en el cálculo de lo el volumen de escurrimiento son: el área de la cuenca, altura total de precipitación, características generales o promedio de la

cuenca (forma, pendiente, vegetación, tipo de suelo, tiempo de concentración etc.), distribución de la lluvia en el tiempo y distribución en el espacio de la lluvia y de las características de la cuenca.

### *I-d-Tr Tradicional*

Intensidad-Periodo De Retorno, relaciona estas dos variables para cada duración de forma separada mediante el uso de funciones de probabilidad usadas en la hidrología (Normal, Lognormal, Pearson III, Gumbel, Doble Gumbel, etc.).

Esta forma es usada para los cálculos del estudio hidrológico de los métodos presentados La segunda relaciona de forma simultánea las tres variables en una familia de curvas cuya ecuación es:

Ecuación 7

$$i = \frac{kT^m}{(d + c)^n}$$

Donde k, m y n son constantes que se calculan mediante un análisis de correlación lineal múltiple. (Aparicio, 2001).

### Información Climatológica

La información climatológica de la zona se obtuvo del análisis del registro de lluvia máxima diaria (24 Horas) de las estaciones climatológicas: LAS GAVIOTAS, LA DESEMBOCADA, SAN JOSE DEL VALLE, VALLE DE BANDERAS Y SAN MARCOS, EN LOS ESTADOS DE JALISCO Y NAYARIT.

Cuadro 9. Precipitaciones máximas anuales Estación San Marcos

| No | año  | max   | Meses | Fecha      | Comentario | No | año  | max   | Meses | Fecha      | Comentario |
|----|------|-------|-------|------------|------------|----|------|-------|-------|------------|------------|
| 1  | 1981 | 41    | 11    | 24/08/1981 | Incompleto | 21 | 2005 | 86.2  | 10    | 22/07/2005 | Incompleto |
| 2  | 1982 | 40    | 10    | 08/08/1982 | Incompleto | 22 | 2006 | 102.5 | 11    | 23/11/2006 | Incompleto |
| 3  | 1983 | 52    | 9     | 19/07/1983 | Incompleto | 23 | 2007 | 130.5 | 10    | 06/07/2007 | Incompleto |
| 4  | 1984 | 100   | 10    | 03/09/1984 | Incompleto | 24 | 2008 | 113.5 | 12    | 06/07/2008 | Completo   |
| 5  | 1985 | 23.2  | 2     | 15/01/1985 | Incompleto | 25 | 2009 | 110.4 | 12    | 02/07/2009 | Completo   |
| 6  | 1988 | 160.5 | 4     | 04/09/1988 | Incompleto | 26 | 2010 | 180.9 | 12    | 19/09/2010 | Completo   |
| 7  | 1989 | 120   | 5     | 28/08/1989 | Incompleto | 27 | 2011 | 55    | 9     | 21/09/2011 | Incompleto |
| 8  | 1990 | 100.5 | 9     | 03/08/1990 | Incompleto | 28 | 2012 | 80    | 9     | 10/07/2012 | Incompleto |
| 9  | 1991 | 120   | 10    | 30/06/1991 | Incompleto | 29 | 2013 | 180.1 | 12    | 23/09/2013 | Completo   |
| 10 | 1992 | 106   | 12    | 28/09/1992 | Completo   | 30 | 2014 | 140.3 | 12    | 03/09/2014 | Completo   |
| 11 | 1993 | 60    | 10    | 24/06/1993 | Incompleto | 31 | 2015 | 80.1  | 11    | 11/06/2015 | Incompleto |
| 12 | 1994 | 97    | 12    | 10/09/1994 | Completo   | 32 | 2016 | 200.7 | 12    | 06/08/2016 | Completo   |
| 13 | 1995 | 67    | 12    | 17/09/1995 | Completo   | 33 | 2017 | 180   | 11    | 27/08/2017 | Incompleto |
| 14 | 1996 | 83    | 12    | 03/10/1996 | Completo   |    |      |       |       |            |            |
| 15 | 1997 | 81.6  | 12    | 25/09/1997 | Completo   |    |      |       |       |            |            |

|    |      |       |    |            |            |
|----|------|-------|----|------------|------------|
| 16 | 1998 | 149.4 | 12 | 10/07/1998 | Completo   |
| 17 | 2000 | 58    | 9  | 08/10/2000 | Incompleto |
| 18 | 2001 | 180.7 | 12 | 10/09/2001 | Completo   |
| 19 | 2002 | 175   | 12 | 24/10/2002 | Completo   |
| 20 | 2004 | 166   | 12 | 21/08/2004 | Completo   |

Cuadro 10. Precipitaciones máximas anuales Estación San José del Valle

| No | año  | max   | mes | Fecha      | Comentario | No | año  | max   | mes | Fecha      | Comentario |
|----|------|-------|-----|------------|------------|----|------|-------|-----|------------|------------|
| 1  | 1969 | 100   | 9   | 20/08/1969 | Incompleto | 26 | 1994 | 68    | 12  | 04/07/1994 | Completo   |
| 2  | 1970 | 94.3  | 9   | 03/09/1970 | Incompleto | 27 | 1995 | 80    | 12  | 01/09/1995 | Completo   |
| 3  | 1971 | 125.8 | 8   | 29/09/1971 | Incompleto | 28 | 1996 | 81.5  | 12  | 21/08/1996 | Completo   |
| 4  | 1972 | 63    | 12  | 10/09/1972 | Completo   | 29 | 1997 | 125.6 | 12  | 11/10/1997 | Completo   |
| 5  | 1973 | 87.3  | 9   | 16/08/1973 | Incompleto | 30 | 1998 | 160   | 7   | 16/09/1998 | Incompleto |
| 6  | 1974 | 100   | 12  | 31/08/1974 | Completo   | 31 | 1999 | 80    | 12  | 18/08/1999 | Completo   |
| 7  | 1975 | 170.5 | 9   | 26/07/1975 | Incompleto | 32 | 2000 | 71    | 12  | 25/10/2000 | Completo   |
| 8  | 1976 | 65.7  | 7   | 06/08/1976 | Incompleto | 33 | 2001 | 140   | 12  | 10/07/2001 | Completo   |
| 9  | 1977 | 192   | 12  | 10/08/1977 | Completo   | 34 | 2002 | 201.5 | 12  | 25/10/2002 | Completo   |
| 10 | 1978 | 86    | 12  | 27/07/1978 | Completo   | 35 | 2003 | 95    | 12  | 24/09/2003 | Completo   |
| 11 | 1979 | 57    | 9   | 04/09/1979 | Incompleto | 36 | 2004 | 121   | 12  | 21/08/2004 | Completo   |
| 12 | 1980 | 94    | 11  | 27/09/1980 | Incompleto | 37 | 2005 | 115   | 12  | 30/08/2005 | Completo   |
| 13 | 1981 | 82.5  | 12  | 05/09/1981 | Completo   | 38 | 2006 | 42    | 12  | 21/07/2006 | Completo   |
| 14 | 1982 | 65.5  | 12  | 08/10/1982 | Completo   | 39 | 2007 | 95    | 11  | 07/08/2007 | Incompleto |
| 15 | 1983 | 98    | 12  | 27/05/1983 | Completo   | 40 | 2008 | 128.5 | 12  | 30/08/2008 | Completo   |
| 16 | 1984 | 109   | 11  | 30/01/1984 | Incompleto | 41 | 2009 | 91    | 12  | 20/08/2009 | Completo   |
| 17 | 1985 | 77    | 10  | 30/07/1985 | Incompleto | 42 | 2010 | 104.5 | 12  | 23/07/2010 | Completo   |
| 18 | 1986 | 87.5  | 12  | 21/08/1986 | Completo   | 43 | 2011 | 92    | 12  | 22/08/2011 | Completo   |
| 19 | 1987 | 130   | 12  | 31/07/1987 | Completo   | 44 | 2012 | 74    | 12  | 25/07/2012 | Completo   |
| 20 | 1988 | 82    | 12  | 05/09/1988 | Completo   | 45 | 2013 | 90    | 12  | 08/07/2013 | Completo   |
| 21 | 1989 | 94    | 11  | 02/07/1989 | Incompleto | 46 | 2014 | 60    | 12  | 13/08/2014 | Completo   |
| 22 | 1990 | 91    | 11  | 14/07/1990 | Incompleto | 47 | 2015 | 227   | 12  | 15/03/2015 | Completo   |
| 23 | 1991 | 90    | 12  | 24/08/1991 | Completo   | 48 | 2016 | 54    | 12  | 20/08/2016 | Completo   |
| 24 | 1992 | 160   | 12  | 23/07/1992 | Completo   | 49 | 2017 | 80    | 12  | 03/08/2017 | Completo   |
| 25 | 1993 | 68    | 12  | 06/08/1993 | Completo   | 50 | 2018 | 100   | 12  | 06/06/2018 | Completo   |

Cuadro 11. Precipitaciones máximas anuales Estación La Desembocada

| No | año  | max  | mes | Fecha      | Comentario | No | año  | max   | mes | Fecha      | Comentario |
|----|------|------|-----|------------|------------|----|------|-------|-----|------------|------------|
| 1  | 1949 | 80   | 6   | 20/08/1949 | Incompleto | 36 | 1984 | 71.5  | 12  | 30/01/1984 | Completo   |
| 2  | 1950 | 76.1 | 11  | 30/08/1950 | Incompleto | 37 | 1985 | 161.5 | 12  | 14/07/1985 | Completo   |

|    |      |       |    |            |            |    |      |       |    |            |            |
|----|------|-------|----|------------|------------|----|------|-------|----|------------|------------|
| 3  | 1951 | 134.5 | 12 | 11/08/1951 | Completo   | 38 | 1986 | 44    | 12 | 21/08/1986 | Completo   |
| 4  | 1952 | 69.4  | 12 | 17/08/1952 | Completo   | 39 | 1987 | 63    | 11 | 23/09/1987 | Incompleto |
| 5  | 1953 | 77.7  | 12 | 26/08/1953 | Completo   | 40 | 1988 | 147.5 | 12 | 21/08/1988 | Completo   |
| 6  | 1954 | 123.2 | 12 | 13/09/1954 | Completo   | 41 | 1989 | 83    | 12 | 18/09/1989 | Completo   |
| 7  | 1955 | 74    | 9  | 24/09/1955 | Incompleto | 42 | 1990 | 80    | 12 | 09/07/1990 | Completo   |
| 8  | 1956 | 104.5 | 12 | 21/06/1956 | Completo   | 43 | 1991 | 123.5 | 10 | 30/06/1991 | Incompleto |
| 9  | 1957 | 80    | 12 | 08/08/1957 | Completo   | 44 | 1992 | 88.5  | 12 | 23/09/1992 | Completo   |
| 10 | 1958 | 82    | 12 | 21/09/1958 | Completo   | 45 | 1993 | 108.5 | 10 | 04/09/1993 | Incompleto |
| 11 | 1959 | 111.6 | 12 | 16/04/1959 | Completo   | 46 | 1994 | 83    | 10 | 01/07/1994 | Incompleto |
| 12 | 1960 | 82.5  | 12 | 12/08/1960 | Completo   | 47 | 1995 | 72.5  | 12 | 20/06/1995 | Completo   |
| 13 | 1961 | 81.7  | 12 | 22/01/1961 | Completo   | 48 | 1996 | 84.5  | 11 | 30/07/1996 | Incompleto |
| 14 | 1962 | 162.5 | 12 | 06/09/1962 | Completo   | 49 | 1997 | 81.5  | 12 | 01/10/1997 | Completo   |
| 15 | 1963 | 95.5  | 12 | 03/10/1963 | Completo   | 50 | 1998 | 171   | 12 | 16/09/1998 | Completo   |
| 16 | 1964 | 62.2  | 12 | 24/08/1964 | Completo   | 51 | 1999 | 69    | 12 | 01/08/1999 | Completo   |
| 17 | 1965 | 84.5  | 12 | 02/07/1965 | Completo   | 52 | 2000 | 160   | 12 | 28/09/2000 | Completo   |
| 18 | 1966 | 80.5  | 12 | 13/08/1966 | Completo   | 53 | 2001 | 70    | 11 | 24/08/2001 | Incompleto |
| 19 | 1967 | 89.5  | 12 | 22/09/1967 | Completo   | 54 | 2002 | 100   | 11 | 03/11/2002 | Incompleto |
| 20 | 1968 | 74    | 12 | 01/07/1968 | Completo   | 55 | 2003 | 114.5 | 10 | 07/10/2003 | Incompleto |
| 21 | 1969 | 90    | 12 | 14/07/1969 | Completo   | 56 | 2004 | 81.5  | 11 | 26/07/2004 | Incompleto |
| 22 | 1970 | 95.5  | 12 | 26/09/1970 | Completo   | 57 | 2005 | 83.5  | 12 | 15/08/2005 | Completo   |
| 23 | 1971 | 145   | 12 | 31-09-1971 | Completo   | 58 | 2006 | 98.5  | 7  | 06/08/2006 | Incompleto |
| 24 | 1972 | 82.5  | 12 | 01/08/1972 | Completo   | 59 | 2007 | 91    | 12 | 05/10/2007 | Completo   |
| 25 | 1973 | 101.5 | 12 | 17/08/1973 | Completo   | 60 | 2008 | 97.5  | 10 | 04/07/2008 | Incompleto |
| 26 | 1974 | 83.5  | 12 | 20/06/1974 | Completo   | 61 | 2009 | 77.5  | 12 | 02/07/2009 | Completo   |
| 27 | 1975 | 82    | 12 | 26/07/1975 | Completo   | 62 | 2010 | 89    | 12 | 04/09/2010 | Completo   |
| 28 | 1976 | 100.8 | 12 | 04/08/1976 | Completo   | 63 | 2011 | 121   | 12 | 22/08/2011 | Completo   |
| 29 | 1977 | 280.5 | 12 | 10/08/1977 | Completo   | 64 | 2012 | 85    | 12 | 10/07/2012 | Completo   |
| 30 | 1978 | 92.5  | 12 | 12/08/1978 | Completo   | 65 | 2013 | 100   | 12 | 22/09/2013 | Completo   |
| 31 | 1979 | 73    | 11 | 13/08/1979 | Completo   | 66 | 2014 | 108   | 10 | 24/06/2014 | Incompleto |
| 32 | 1980 | 71.5  | 12 | 15/08/1980 | Completo   | 67 | 2015 | 116   | 11 | 15/03/2015 | Incompleto |
| 33 | 1981 | 63.5  | 12 | 15/07/1981 | Completo   | 68 | 2016 | 124   | 9  | 26/06/2016 | Incompleto |
| 34 | 1982 | 73    | 12 | 26/07/1982 | Completo   | 69 | 2017 | 116   | 10 | 07/07/2017 | Incompleto |
| 35 | 1983 | 70    | 12 | 13/07/1983 | Completo   | 70 | 2018 | 80    | 10 | 28/06/2018 | Incompleto |
|    |      |       |    |            |            | 71 | 2019 | 2.5   | 4  | 14/01/2019 | Incompleto |

Cuadro 12. Precipitaciones máximas anuales Estación Las Gaviotas

| año  | max   | mes | Fecha      | Comentario | No | año  | max | mes | Fecha      | Comentario |
|------|-------|-----|------------|------------|----|------|-----|-----|------------|------------|
| 1955 | 166.3 | 7   | 11/09/1955 | Incompleto | 32 | 1986 | 66  | 12  | 19/09/1986 | Completo   |
| 1956 | 137.3 | 12  | 08/07/1956 | Completo   | 33 | 1987 | 53  | 3   | 12/01/1987 | Incompleto |
| 1957 | 74.5  | 12  | 27/09/1957 | Completo   | 34 | 1988 | 0   | 0   | Nulo       | Nulo       |



|      |       |    |            |            |    |      |       |    |            |            |
|------|-------|----|------------|------------|----|------|-------|----|------------|------------|
| 1958 | 128.3 | 12 | 08/08/1958 | Completo   | 35 | 1989 | 98    | 8  | 18/09/1989 | Incompleto |
| 1959 | 96    | 11 | 02/08/1959 | Incompleto | 36 | 1990 | 47    | 9  | 11/09/1990 | Incompleto |
| 1960 | 156.9 | 12 | 06/09/1960 | Completo   | 37 | 1991 | 234   | 12 | 30/06/1991 | Completo   |
| 1961 | 121.6 | 12 | 13/08/1961 | Completo   | 38 | 1992 | 92    | 12 | 11/08/1992 | Completo   |
| 1962 | 94.5  | 12 | 28/06/1962 | Completo   | 39 | 1993 | 120   | 12 | 27/09/1993 | Completo   |
| 1963 | 71.4  | 12 | 24/08/1963 | Completo   | 40 | 1994 | 74    | 11 | 11/09/1994 | Incompleto |
| 1964 | 110   | 12 | 01/09/1964 | Completo   | 41 | 1995 | 130.5 | 12 | 18/09/1995 | Completo   |
| 1965 | 120   | 12 | 22/09/1965 | Completo   | 42 | 1996 | 100   | 12 | 10/08/1996 | Completo   |
| 1966 | 102   | 12 | 24/06/1966 | Completo   | 43 | 1997 | 118.5 | 12 | 11/10/1997 | Completo   |
| 1967 | 109   | 12 | 27/08/1967 | Completo   | 44 | 1998 | 140   | 12 | 19/06/1998 | Completo   |
| 1968 | 63.5  | 12 | 04/06/1968 | Completo   | 45 | 1999 | 108   | 12 | 27/08/1999 | Completo   |
| 1969 | 120.8 | 12 | 26/09/1969 | Completo   | 46 | 2000 | 124   | 12 | 21/09/2000 | Completo   |
| 1970 | 80    | 9  | 26/09/1970 | Incompleto | 47 | 2001 | 128   | 12 | 11/07/2001 | Completo   |
| 1971 | 130   | 11 | 31/08/1971 | Incompleto | 48 | 2002 | 91.5  | 12 | 03/09/2002 | Completo   |
| 1972 | 84    | 12 | 10/08/1972 | Completo   | 49 | 2003 | 87    | 12 | 07/10/2003 | Completo   |
| 1973 | 87.5  | 12 | 30/07/1973 | Completo   | 50 | 2004 | 113   | 12 | 06/06/2004 | Completo   |
| 1974 | 112   | 12 | 20/06/1974 | Completo   | 51 | 2005 | 84.5  | 12 | 26/07/2005 | Completo   |
| 1975 | 95    | 11 | 26/07/1975 | Incompleto | 52 | 2006 | 107   | 11 | 18/08/2006 | Incompleto |
| 1976 | 81    | 12 | 12/06/1976 | Completo   | 53 | 2007 | 86    | 11 | 06/07/2007 | Incompleto |
| 1977 | 80    | 12 | 27/09/1977 | Completo   | 54 | 2008 | 147   | 11 | 17/07/2008 | Incompleto |
| 1978 | 72    | 12 | 05/09/1978 | Completo   | 55 | 2009 | 0     | 0  | Nulo       | Nulo       |
| 1979 | 136   | 11 | 22/08/1979 | Incompleto | 56 | 2010 | 0     | 0  | Nulo       | Nulo       |
| 1980 | 86.5  | 11 | 11/08/1980 | Incompleto | 57 | 2011 | 0     | 0  | Nulo       | Nulo       |
| 1981 | 70    | 11 | 10/10/1981 | Incompleto | 58 | 2012 | 0     | 0  | Nulo       | Nulo       |
| 1982 | 71    | 12 | 06/09/1982 | Completo   | 59 | 2013 | 112   | 11 | 21/06/2013 | Incompleto |
| 1983 | 136   | 12 | 14/07/1983 | Completo   | 60 | 2014 | 150   | 11 | 11/08/2014 | Incompleto |
| 1984 | 114   | 12 | 19/06/1984 | Completo   | 61 | 2015 | 70.5  | 11 | 22/08/2015 | Incompleto |
| 1985 | 86.5  | 8  | 07/09/1985 | Incompleto | 62 | 2016 | 175   | 11 | 02/09/2016 | Incompleto |
|      |       |    |            |            | 63 | 2017 | 127   | 11 | 28/08/2017 | Incompleto |
|      |       |    |            |            | 64 | 2018 | 88.5  | 10 | 07/09/2018 | Incompleto |

Cuadro 13. Precipitaciones máximas anuales Estación Valle de Banderas

| No | año  | max  | mes | Fecha      | Comentario | No | año  | max   | mes | Fecha      | Comentario |
|----|------|------|-----|------------|------------|----|------|-------|-----|------------|------------|
| 1  | 1959 | 94   | 9   | 16/04/1959 | Incompleto | 16 | 1974 | 87.7  | 12  | 07/08/1974 | Completo   |
| 2  | 1960 | 20.8 | 7   | 10/12/1960 | Incompleto | 17 | 1975 | 96.2  | 11  | 03/09/1975 | Incompleto |
| 3  | 1961 | 90   | 12  | 21/01/1961 | Completo   | 18 | 1976 | 82    | 12  | 12/06/1976 | Completo   |
| 4  | 1962 | 206  | 12  | 06/09/1962 | Completo   | 19 | 1977 | 110.7 | 12  | 06/08/1977 | Completo   |
| 5  | 1963 | 93   | 12  | 19/08/1963 | Completo   | 20 | 1978 | 63.7  | 12  | 23/09/1978 | Completo   |
| 6  | 1964 | 89.8 | 11  | 13/08/1964 | Incompleto | 21 | 1979 | 22    | 7   | 24/10/1979 | Incompleto |
| 7  | 1965 | 103  | 11  | 22/09/1965 | Incompleto | 22 | 1980 | 115   | 11  | 26/09/1980 | Incompleto |

|    |      |       |    |            |            |    |      |      |      |            |            |
|----|------|-------|----|------------|------------|----|------|------|------|------------|------------|
| 8  | 1966 | 74.5  | 11 | 13/08/1996 | Incompleto | 23 | 1981 | 70   | 9    | 04/09/1981 | Incompleto |
| 9  | 1967 | 122.2 | 12 | 22/09/1997 | Completo   | 24 | 1982 | 45   | 4    | 25/11/1982 | Incompleto |
| 10 | 1968 | 70    | 12 | 25/08/1968 | Completo   | 25 | 1983 | 89.9 | 9    | 26/05/1983 | Incompleto |
| 11 | 1969 | 146.6 | 12 | 14/07/1969 | Completo   | 26 | 1984 | Nulo | Nulo | Nulo       | Nulo       |
| 12 | 1970 | 142   | 12 | 11/08/1970 | Completo   | 27 | 1985 | 68.3 | 10   | 29/08/1985 | Incompleto |
| 13 | 1971 | 43.5  | 10 | 22/09/1971 | Incompleto | 28 | 1986 | 27.5 | 12   | 07/09/1986 | Completo   |
| 14 | 1972 | 100.5 | 12 | 18/06/1972 | Completo   | 29 | 1987 | 46.7 | 5    | 25/06/1988 | Incompleto |
| 15 | 1973 | 100   | 12 | 17/09/1973 | Completo   | 30 | 1988 | 46.2 | 2    | 07/07/1989 | Incompleto |

Los datos climatológicos se obtuvieron del Programa Extractor de información climatológica ERIC II, el cual fue elaborado por el IMTA, haciendo una recopilación de la información que controla el Servicio Meteorológico Nacional de la Comisión Nacional del Agua.

#### *Resultados del análisis hidrológico*

Para el análisis hidrológico del se tomaron en cuenta las estaciones meteorológicas: Las Gaviotas, San José del Valle, Valle de Banderas, San Marcos y La Desembocada, que son las que tienen influencia en el municipio, obteniendo los datos de precipitaciones totales para los años con registro de datos, siendo 55, 43, 30, 24 y 66 años (Cuadro 14), respectivamente, así como los datos de precipitación promedio mensual y anual (Cuadro 15).

Cuadro 14. Precipitaciones de los años de registro en las Estaciones Climatológicas.

|      | Suma de<br>18021-LAS<br>GAVIOTAS | Suma de<br>18030-SAN<br>JOSE<br>VALLE | Suma de<br>18042-<br>VALLE DE<br>BANDERAS | Suma de<br>18080-SAN<br>MARCOS | Suma de 14081-LA<br>DESEMBOCADA |
|------|----------------------------------|---------------------------------------|---|--------------------------------|---------------------------------|
| Ene  | 1,261.5                          | 1,011.2                               | 497.4                                     | 464.3                          | 1,370.0                         |
| Feb  | 588.1                            | 482.0                                 | 211.4                                     | 258.2                          | 698.4                           |
| Mar  | 294.0                            | 289.5                                 | 128.3                                     | 60.4                           | 360.5                           |
| Abr  | 216.7                            | 3.9                                   | 249.4                                     | 42.8                           | 284.1                           |
| May  | 476.5                            | 270.0                                 | 225.0                                     | 173.4                          | 620.7                           |
| Jun  | 10,534.7                         | 5,043.3                               | 3,179.9                                   | 2,045.7                        | 10,634.0                        |
| Jul  | 19,573.2                         | 10,117.9                              | 4,296.6                                   | 4,759.4                        | 16,345.7                        |
| Ago  | 22,589.3                         | 12,231.1                              | 6,515.8                                   | 6,308.8                        | 17,964.7                        |
| Sep  | 22,986.7                         | 11,569.4                              | 6,103.9                                   | 6,285.8                        | 17,434.7                        |
| Oct  | 8,932.4                          | 4,040.7                               | 1,478.2                                   | 2,326.9                        | 5,883.8                         |
| Nov  | 1,386.9                          | 893.2                                 | 416.9                                     | 751.9                          | 1,241.4                         |
| Dic  | 739.9                            | 828.7                                 | 472.8                                     | 578.1                          | 957.1                           |
| Años | 59                               | 50                                    | 29  | 33                             | 71                              |

*Fuente: Información Estadística Climatológica, Servicio Meteorológico Nacional; Red de Estaciones Climatológicas CONAGUA; Archivo KMZ.*

Cuadro 15. Precipitación promedio mensual y anual de las Estaciones Climatológicas.

| PROMEDIO     | 18021-LAS GAVIOTAS | 18030-SAN JOSE VALLE | 18042-VALLE DE BANDERAS | 18080-SAN MARCOS | 14081-LA DESEMBOCADA |
|--------------|--------------------|----------------------|-------------------------|------------------|----------------------|
| Ene          | 21.4               | 20.2                 | 17.2                    | 14.1             | 19.3                 |
| Feb          | 10.0               | 9.6                  | 7.3                     | 7.8              | 9.8                  |
| Mar          | 5.0                | 5.8                  | 4.4                     | 1.8              | 5.1                  |
| Abr          | 3.7                | 0.1                  | 8.6                     | 1.3              | 4.0                  |
| May          | 8.1                | 5.4                  | 7.8                     | 5.3              | 8.7                  |
| Jun          | 178.6              | 100.9                | 109.7                   | 62.0             | 149.8                |
| Jul          | 331.7              | 202.4                | 148.2                   | 144.2            | 230.2                |
| Ago          | 382.9              | 244.6                | 224.7                   | 191.2            | 253.0                |
| Sep          | 389.6              | 231.4                | 210.5                   | 190.5            | 245.6                |
| Oct          | 151.4              | 80.8                 | 51.0                    | 70.5             | 82.9                 |
| Nov          | 23.5               | 17.9                 | 14.4                    | 22.8             | 17.5                 |
| Dic          | 12.5               | 16.6                 | 16.3                    | 17.5             | 13.5                 |
| <b>ANUAL</b> | 1518.30            | 935.62               | 819.85                  | 728.96           | 1039.37              |

Fuente: Información Estadística Climatológica, Servicio Meteorológico Nacional; Red de Estaciones Climatológicas CONAGUA; Archivo KMZ.

Se analizaron datos hidrométricos aplicándose las técnicas de Helmert, t de Student y Cramer. Resultando (Cuadro 16) todas las muestras homogéneas y confiables para el estudio de ellas (Ver documento “Tomo III Anexo II).

Cuadro 16. Homogeneidad de las muestras climatológicas

| HOMOGENEIDAD DE MUESTRAS |           |              |           |
|--------------------------|-----------|--------------|-----------|
| ESTACION/PRUEBA          | HELMERT   | t DE STUDENT | KRAMER    |
| SAN MARCOS               | Homog.    | Homog.       | Homog.    |
| SAN JOSE DEL VALLE       | Homog.    | Homog.       | Homog.    |
| LA DESEMBOCADA           | Homog.    | Homog.       | Homog.    |
| LAS GAVIOTAS             | Homog.    | Homog.       | Homog.    |
| VALLE DE BANDERAS        | No Homog. | Homog.       | No Homog. |

Fuente: Elaboración propia (Documento “Tomo III Anexo II)

Periodos de retorno de las precipitaciones máximas a 24 Hrs de las estaciones climatológicas.

Cuadro 17. Periodos de retorno de las precipitaciones máximas a 24 Hrs de la estación climatológica San Marcos

| Estación San Marcos |      |          | Periodo de Retorno |                     |           |
|---------------------|------|----------|--------------------|---------------------|-----------|
| No.                 | Año  | MAX (mm) | Ordenados          | Prob Ocurrencia (%) | Tr (años) |
| 1                   | 1981 | 41       | 200.7              | 2.94                | 34.00     |
| 2                   | 1982 | 40       | 180.9              | 5.88                | 17.00     |
| 3                   | 1983 | 52       | 180.7              | 8.82                | 11.33     |
| 4                   | 1984 | 100      | 180.1              | 11.76               | 8.50      |
| 5                   | 1985 | 23.2     | 180                | 14.71               | 6.80      |
| 6                   | 1988 | 160.5    | 175                | 17.65               | 5.67      |
| 7                   | 1989 | 120      | 166                | 20.59               | 4.86      |
| 8                   | 1990 | 100.5    | 160.5              | 23.53               | 4.25      |
| 9                   | 1991 | 120      | 149.4              | 26.47               | 3.78      |
| 10                  | 1992 | 106      | 140.3              | 29.41               | 3.40      |
| 11                  | 1993 | 60       | 130.5              | 32.35               | 3.09      |
| 12                  | 1994 | 97       | 120                | 35.29               | 2.83      |
| 13                  | 1995 | 67       | 120                | 38.24               | 2.62      |
| 14                  | 1996 | 83       | 113.5              | 41.18               | 2.43      |
| 15                  | 1997 | 81.6     | 110.4              | 44.12               | 2.27      |
| 16                  | 1998 | 149.4    | 106                | 47.06               | 2.13      |
| 17                  | 2000 | 58       | 102.5              | 50.00               | 2.00      |
| 18                  | 2001 | 180.7    | 100.5              | 52.94               | 1.89      |
| 19                  | 2002 | 175      | 100                | 55.88               | 1.79      |
| 20                  | 2004 | 166      | 97                 | 58.82               | 1.70      |
| 21                  | 2005 | 86.2     | 86.2               | 61.76               | 1.62      |
| 22                  | 2006 | 102.5    | 83                 | 64.71               | 1.55      |
| 23                  | 2007 | 130.5    | 81.6               | 67.65               | 1.48      |
| 24                  | 2008 | 113.5    | 80.1               | 70.59               | 1.42      |
| 25                  | 2009 | 110.4    | 80                 | 73.53               | 1.36      |
| 26                  | 2010 | 180.9    | 67                 | 76.47               | 1.31      |
| 27                  | 2011 | 55       | 60                 | 79.41               | 1.26      |
| 28                  | 2012 | 80       | 58                 | 82.35               | 1.21      |
| 29                  | 2013 | 180.1    | 55                 | 85.29               | 1.17      |
| 30                  | 2014 | 140.3    | 52                 | 88.24               | 1.13      |
| 31                  | 2015 | 80.1     | 41                 | 91.18               | 1.10      |
| 32                  | 2016 | 200.7    | 40                 | 94.12               | 1.06      |
| 33                  | 2017 | 180      | 23.2               | 97.06               | 1.03      |

Cuadro 18. Periodos de retorno de las precipitaciones máximas a 24 Hrs de la estación climatológica San José del Valle

| estación San José del Valle | Periodo de Retorno |
|-----------------------------|--------------------|
|-----------------------------|--------------------|



| No. | Año  | MAX (mm) | Ordenados | Prob Ocurrencia (%) | Tr (años) |
|-----|------|----------|-----------|---------------------|-----------|
| 1   | 1969 | 100.00   | 227.00    | 1.96                | 51.00     |
| 2   | 1970 | 94.30    | 201.50    | 3.92                | 25.50     |
| 3   | 1971 | 125.80   | 192.00    | 5.88                | 17.00     |
| 4   | 1972 | 63.00    | 170.50    | 7.84                | 12.75     |
| 5   | 1973 | 87.30    | 160.00    | 9.80                | 10.20     |
| 6   | 1974 | 100.00   | 160.00    | 11.76               | 8.50      |
| 7   | 1975 | 170.50   | 140.00    | 13.73               | 7.29      |
| 8   | 1976 | 65.70    | 130.00    | 15.69               | 6.38      |
| 9   | 1977 | 192.00   | 128.50    | 17.65               | 5.67      |
| 10  | 1978 | 86.00    | 125.80    | 19.61               | 5.10      |
| 11  | 1979 | 57.00    | 125.60    | 21.57               | 4.64      |
| 12  | 1980 | 94.00    | 121.00    | 23.53               | 4.25      |
| 13  | 1981 | 82.50    | 115.00    | 25.49               | 3.92      |
| 14  | 1982 | 65.50    | 113.89    | 27.45               | 3.64      |
| 15  | 1983 | 98.00    | 109.00    | 29.41               | 3.40      |
| 16  | 1984 | 109.00   | 104.50    | 31.37               | 3.19      |
| 17  | 1985 | 77.00    | 100.00    | 33.33               | 3.00      |
| 18  | 1986 | 87.50    | 100.00    | 35.29               | 2.83      |
| 19  | 1987 | 130.00   | 100.00    | 37.25               | 2.68      |
| 20  | 1988 | 82.00    | 98.00     | 39.22               | 2.55      |
| 21  | 1989 | 94.00    | 95.00     | 41.18               | 2.43      |
| 22  | 1990 | 91.00    | 94.30     | 43.14               | 2.32      |
| 23  | 1991 | 90.00    | 94.00     | 45.10               | 2.22      |
| 24  | 1992 | 160.00   | 94.00     | 47.06               | 2.13      |
| 25  | 1993 | 68.00    | 92.00     | 49.02               | 2.04      |
| 26  | 1994 | 68.00    | 91.00     | 50.98               | 1.96      |
| 27  | 1995 | 80.00    | 91.00     | 52.94               | 1.89      |
| 28  | 1996 | 81.50    | 90.00     | 54.90               | 1.82      |
| 29  | 1997 | 125.60   | 90.00     | 56.86               | 1.76      |
| 30  | 1998 | 160.00   | 87.50     | 58.82               | 1.70      |
| 31  | 1999 | 80.00    | 87.30     | 60.78               | 1.65      |
| 32  | 2000 | 71.00    | 86.00     | 62.75               | 1.59      |
| 33  | 2001 | 140.00   | 82.50     | 64.71               | 1.55      |
| 34  | 2002 | 201.50   | 82.00     | 66.67               | 1.50      |
| 35  | 2003 | 113.89   | 81.50     | 68.63               | 1.46      |
| 36  | 2004 | 121.00   | 80.00     | 70.59               | 1.42      |
| 37  | 2005 | 115.00   | 80.00     | 72.55               | 1.38      |
| 38  | 2006 | 42.00    | 80.00     | 74.51               | 1.34      |
| 39  | 2007 | 95.00    | 77.00     | 76.47               | 1.31      |
| 40  | 2008 | 128.50   | 74.00     | 78.43               | 1.28      |
| 41  | 2009 | 91.00    | 71.00     | 80.39               | 1.24      |

|    |      |        |       |       |      |
|----|------|--------|-------|-------|------|
| 42 | 2010 | 104.50 | 68.00 | 82.35 | 1.21 |
| 43 | 2011 | 92.00  | 68.00 | 84.31 | 1.19 |
| 44 | 2012 | 74.00  | 65.70 | 86.27 | 1.16 |
| 45 | 2013 | 90.00  | 65.50 | 88.24 | 1.13 |
| 46 | 2014 | 60.00  | 63.00 | 90.20 | 1.11 |
| 47 | 2015 | 227.00 | 60.00 | 92.16 | 1.09 |
| 48 | 2016 | 54.00  | 57.00 | 94.12 | 1.06 |
| 49 | 2017 | 80.00  | 54.00 | 96.08 | 1.04 |
| 50 | 2018 | 100.00 | 42.00 | 98.04 | 1.02 |

Cuadro 19. Periodos de retorno de las precipitaciones máximas a 24 Hrs de la estación climatológica La Desembocada

| estación La Desembocada |      |          | Periodo de Retorno |                     |           |
|-------------------------|------|----------|--------------------|---------------------|-----------|
| No.                     | Año  | MAX (mm) | Ordenados          | Prob Ocurrencia (%) | Tr (años) |
| 1                       | 1949 | 80.00    | 171.00             | 1.41                | 71.00     |
| 2                       | 1950 | 76.10    | 162.50             | 2.82                | 35.50     |
| 3                       | 1951 | 134.50   | 161.50             | 4.23                | 23.67     |
| 4                       | 1952 | 69.40    | 160.00             | 5.63                | 17.75     |
| 5                       | 1953 | 77.70    | 147.50             | 7.04                | 14.20     |
| 6                       | 1954 | 123.20   | 145.00             | 8.45                | 11.83     |
| 7                       | 1955 | 74.00    | 134.50             | 9.86                | 10.14     |
| 8                       | 1956 | 104.50   | 124.00             | 11.27               | 8.88      |
| 9                       | 1957 | 80.00    | 123.50             | 12.68               | 7.89      |
| 10                      | 1958 | 82.00    | 123.20             | 14.08               | 7.10      |
| 11                      | 1959 | 111.60   | 121.00             | 15.49               | 6.45      |
| 12                      | 1960 | 82.50    | 116.00             | 16.90               | 5.92      |
| 13                      | 1961 | 81.70    | 116.00             | 18.31               | 5.46      |
| 14                      | 1962 | 162.50   | 114.50             | 19.72               | 5.07      |
| 15                      | 1963 | 95.50    | 111.60             | 21.13               | 4.73      |
| 16                      | 1964 | 62.20    | 108.50             | 22.54               | 4.44      |
| 17                      | 1965 | 84.50    | 108.00             | 23.94               | 4.18      |
| 18                      | 1966 | 80.50    | 104.50             | 25.35               | 3.94      |
| 19                      | 1967 | 89.50    | 101.50             | 26.76               | 3.74      |
| 20                      | 1968 | 74.00    | 100.80             | 28.17               | 3.55      |
| 21                      | 1969 | 90.00    | 100.00             | 29.58               | 3.38      |
| 22                      | 1970 | 95.50    | 100.00             | 30.99               | 3.23      |
| 23                      | 1971 | 145.00   | 98.50              | 32.39               | 3.09      |
| 24                      | 1972 | 82.50    | 97.50              | 33.80               | 2.96      |
| 25                      | 1973 | 101.50   | 95.50              | 35.21               | 2.84      |
| 26                      | 1974 | 83.50    | 95.50              | 36.62               | 2.73      |
| 27                      | 1975 | 82.00    | 92.50              | 38.03               | 2.63      |

|    |      |        |       |       |      |
|----|------|--------|-------|-------|------|
| 28 | 1976 | 100.80 | 91.00 | 39.44 | 2.54 |
| 29 | 1978 | 92.50  | 90.00 | 40.85 | 2.45 |
| 30 | 1979 | 73.00  | 89.50 | 42.25 | 2.37 |
| 31 | 1980 | 71.50  | 89.00 | 43.66 | 2.29 |
| 32 | 1981 | 63.50  | 88.50 | 45.07 | 2.22 |
| 33 | 1982 | 73.00  | 85.00 | 46.48 | 2.15 |
| 34 | 1983 | 70.00  | 84.50 | 47.89 | 2.09 |
| 35 | 1984 | 71.50  | 84.50 | 49.30 | 2.03 |
| 36 | 1985 | 161.50 | 83.50 | 50.70 | 1.97 |
| 37 | 1986 | 44.00  | 83.50 | 52.11 | 1.92 |
| 38 | 1987 | 63.00  | 83.00 | 53.52 | 1.87 |
| 39 | 1988 | 147.50 | 83.00 | 54.93 | 1.82 |
| 40 | 1989 | 83.00  | 82.50 | 56.34 | 1.78 |
| 41 | 1990 | 80.00  | 82.50 | 57.75 | 1.73 |
| 42 | 1991 | 123.50 | 82.00 | 59.15 | 1.69 |
| 43 | 1992 | 88.50  | 82.00 | 60.56 | 1.65 |
| 44 | 1993 | 108.50 | 81.70 | 61.97 | 1.61 |
| 45 | 1994 | 83.00  | 81.50 | 63.38 | 1.58 |
| 46 | 1995 | 72.50  | 81.50 | 64.79 | 1.54 |
| 47 | 1996 | 84.50  | 80.50 | 66.20 | 1.51 |
| 48 | 1997 | 81.50  | 80.00 | 67.61 | 1.48 |
| 49 | 1998 | 171.00 | 80.00 | 69.01 | 1.45 |
| 50 | 1999 | 69.00  | 80.00 | 70.42 | 1.42 |
| 51 | 2000 | 160.00 | 80.00 | 71.83 | 1.39 |
| 52 | 2001 | 70.00  | 77.70 | 73.24 | 1.37 |
| 53 | 2002 | 100.00 | 77.50 | 74.65 | 1.34 |
| 54 | 2003 | 114.50 | 76.10 | 76.06 | 1.31 |
| 55 | 2004 | 81.50  | 74.00 | 77.46 | 1.29 |
| 56 | 2005 | 83.50  | 74.00 | 78.87 | 1.27 |
| 57 | 2006 | 98.50  | 73.00 | 80.28 | 1.25 |
| 58 | 2007 | 91.00  | 73.00 | 81.69 | 1.22 |
| 59 | 2008 | 97.50  | 72.50 | 83.10 | 1.20 |
| 60 | 2009 | 77.50  | 71.50 | 84.51 | 1.18 |
| 61 | 2010 | 89.00  | 71.50 | 85.92 | 1.16 |
| 62 | 2011 | 121.00 | 70.00 | 87.32 | 1.15 |
| 63 | 2012 | 85.00  | 70.00 | 88.73 | 1.13 |
| 64 | 2013 | 100.00 | 69.40 | 90.14 | 1.11 |
| 65 | 2014 | 108.00 | 69.00 | 91.55 | 1.09 |
| 66 | 2015 | 116.00 | 63.50 | 92.96 | 1.08 |
| 67 | 2016 | 124.00 | 63.00 | 94.37 | 1.06 |
| 68 | 2017 | 116.00 | 62.20 | 95.77 | 1.04 |
| 69 | 2018 | 80.00  | 44.00 | 97.18 | 1.03 |
| 70 | 2019 | 2.50   | 2.50  | 98.59 | 1.01 |

Cuadro 20. Periodos de retorno de las precipitaciones máximas a 24 Hrs de la estación climatológica Las Gaviotas

| estación Las Gaviotas |      |          | Periodo de Retorno |                     |           |
|-----------------------|------|----------|--------------------|---------------------|-----------|
| No.                   | Año  | MAX (mm) | Ordenados          | Prob Ocurrencia (%) | Tr (años) |
| 1                     | 1955 | 166.30   | 234.00             | 1.67                | 60.00     |
| 2                     | 1956 | 137.30   | 175.00             | 3.33                | 30.00     |
| 3                     | 1957 | 74.50    | 166.30             | 5.00                | 20.00     |
| 4                     | 1958 | 128.30   | 156.90             | 6.67                | 15.00     |
| 5                     | 1959 | 96.00    | 150.00             | 8.33                | 12.00     |
| 6                     | 1960 | 156.90   | 147.00             | 10.00               | 10.00     |
| 7                     | 1961 | 121.60   | 140.00             | 11.67               | 8.57      |
| 8                     | 1962 | 94.50    | 137.30             | 13.33               | 7.50      |
| 9                     | 1963 | 71.40    | 136.00             | 15.00               | 6.67      |
| 10                    | 1964 | 110.00   | 136.00             | 16.67               | 6.00      |
| 11                    | 1965 | 120.00   | 130.50             | 18.33               | 5.45      |
| 12                    | 1966 | 102.00   | 130.00             | 20.00               | 5.00      |
| 13                    | 1967 | 109.00   | 128.30             | 21.67               | 4.62      |
| 14                    | 1968 | 63.50    | 128.00             | 23.33               | 4.29      |
| 15                    | 1969 | 120.80   | 127.00             | 25.00               | 4.00      |
| 16                    | 1970 | 80.00    | 124.00             | 26.67               | 3.75      |
| 17                    | 1971 | 130.00   | 121.60             | 28.33               | 3.53      |
| 18                    | 1972 | 84.00    | 120.80             | 30.00               | 3.33      |
| 19                    | 1973 | 87.50    | 120.00             | 31.67               | 3.16      |
| 20                    | 1974 | 112.00   | 120.00             | 33.33               | 3.00      |
| 21                    | 1975 | 95.00    | 118.50             | 35.00               | 2.86      |
| 22                    | 1976 | 81.00    | 114.00             | 36.67               | 2.73      |
| 23                    | 1977 | 80.00    | 113.00             | 38.33               | 2.61      |
| 24                    | 1978 | 72.00    | 112.00             | 40.00               | 2.50      |
| 25                    | 1979 | 136.00   | 112.00             | 41.67               | 2.40      |
| 26                    | 1980 | 86.50    | 110.00             | 43.33               | 2.31      |
| 27                    | 1981 | 70.00    | 109.00             | 45.00               | 2.22      |
| 28                    | 1982 | 71.00    | 108.00             | 46.67               | 2.14      |
| 29                    | 1983 | 136.00   | 107.00             | 48.33               | 2.07      |
| 30                    | 1984 | 114.00   | 102.00             | 50.00               | 2.00      |
| 31                    | 1985 | 86.50    | 100.00             | 51.67               | 1.94      |
| 32                    | 1986 | 66.00    | 98.00              | 53.33               | 1.88      |
| 33                    | 1987 | 53.00    | 96.00              | 55.00               | 1.82      |
| 34                    | 1989 | 98.00    | 95.00              | 56.67               | 1.76      |
| 35                    | 1990 | 47.00    | 94.50              | 58.33               | 1.71      |
| 36                    | 1991 | 234.00   | 92.00              | 60.00               | 1.67      |
| 37                    | 1992 | 92.00    | 91.50              | 61.67               | 1.62      |
| 38                    | 1993 | 120.00   | 88.50              | 63.33               | 1.58      |



|    |      |        |       |       |      |
|----|------|--------|-------|-------|------|
| 39 | 1994 | 74.00  | 87.50 | 65.00 | 1.54 |
| 40 | 1995 | 130.50 | 87.00 | 66.67 | 1.50 |
| 41 | 1996 | 100.00 | 86.50 | 68.33 | 1.46 |
| 42 | 1997 | 118.50 | 86.50 | 70.00 | 1.43 |
| 43 | 1998 | 140.00 | 86.00 | 71.67 | 1.40 |
| 44 | 1999 | 108.00 | 84.50 | 73.33 | 1.36 |
| 45 | 2000 | 124.00 | 84.00 | 75.00 | 1.33 |
| 46 | 2001 | 128.00 | 81.00 | 76.67 | 1.30 |
| 47 | 2002 | 91.50  | 80.00 | 78.33 | 1.28 |
| 48 | 2003 | 87.00  | 80.00 | 80.00 | 1.25 |
| 49 | 2004 | 113.00 | 74.50 | 81.67 | 1.22 |
| 50 | 2005 | 84.50  | 74.00 | 83.33 | 1.20 |
| 51 | 2006 | 107.00 | 72.00 | 85.00 | 1.18 |
| 52 | 2007 | 86.00  | 71.40 | 86.67 | 1.15 |
| 53 | 2008 | 147.00 | 71.00 | 88.33 | 1.13 |
| 54 | 2013 | 112.00 | 70.50 | 90.00 | 1.11 |
| 55 | 2014 | 150.00 | 70.00 | 91.67 | 1.09 |
| 56 | 2015 | 70.50  | 66.00 | 93.33 | 1.07 |
| 57 | 2016 | 175.00 | 63.50 | 95.00 | 1.05 |
| 58 | 2017 | 127.00 | 53.00 | 96.67 | 1.03 |
| 59 | 2018 | 88.50  | 47.00 | 98.33 | 1.02 |

Cuadro 21. Periodos de retorno de las precipitaciones máximas a 24 Hrs de la estación climatológica Valle de Banderas

| estación Valle de Banderas |      |          | Periodo de Retorno |                     |           |
|----------------------------|------|----------|--------------------|---------------------|-----------|
| No.                        | Año  | MAX (mm) | Ordenados          | Prob Ocurrencia (%) | Tr (años) |
| 1                          | 1959 | 94.00    | 206.00             | 3.33                | 30.00     |
| 2                          | 1960 | 20.80    | 146.60             | 6.67                | 15.00     |
| 3                          | 1961 | 90.00    | 142.00             | 10.00               | 10.00     |
| 4                          | 1962 | 206.00   | 122.20             | 13.33               | 7.50      |
| 5                          | 1963 | 93.00    | 115.00             | 16.67               | 6.00      |
| 6                          | 1964 | 89.80    | 110.70             | 20.00               | 5.00      |
| 7                          | 1965 | 103.00   | 103.00             | 23.33               | 4.29      |
| 8                          | 1966 | 74.50    | 100.50             | 26.67               | 3.75      |
| 9                          | 1967 | 122.20   | 100.00             | 30.00               | 3.33      |
| 10                         | 1968 | 70.00    | 96.20              | 33.33               | 3.00      |
| 11                         | 1969 | 146.60   | 94.00              | 36.67               | 2.73      |
| 12                         | 1970 | 142.00   | 93.00              | 40.00               | 2.50      |
| 13                         | 1971 | 43.50    | 90.00              | 43.33               | 2.31      |
| 14                         | 1972 | 100.50   | 89.90              | 46.67               | 2.14      |
| 15                         | 1973 | 100.00   | 89.80              | 50.00               | 2.00      |

|    |      |        |       |       |      |
|----|------|--------|-------|-------|------|
| 16 | 1974 | 87.70  | 87.70 | 53.33 | 1.88 |
| 17 | 1975 | 96.20  | 82.00 | 56.67 | 1.76 |
| 18 | 1976 | 82.00  | 74.50 | 60.00 | 1.67 |
| 19 | 1977 | 110.70 | 70.00 | 63.33 | 1.58 |
| 20 | 1978 | 63.70  | 70.00 | 66.67 | 1.50 |
| 21 | 1979 | 22.00  | 68.30 | 70.00 | 1.43 |
| 22 | 1980 | 115.00 | 63.70 | 73.33 | 1.36 |
| 23 | 1981 | 70.00  | 46.70 | 76.67 | 1.30 |
| 24 | 1982 | 45.00  | 46.20 | 80.00 | 1.25 |
| 25 | 1983 | 89.90  | 45.00 | 83.33 | 1.20 |
| 26 | 1985 | 68.30  | 43.50 | 86.67 | 1.15 |
| 27 | 1986 | 27.50  | 27.50 | 90.00 | 1.11 |
| 28 | 1987 | 46.70  | 22.00 | 93.33 | 1.07 |
| 29 | 1988 | 46.20  | 20.80 | 96.67 | 1.03 |

*Análisis estadístico de la serie de datos para el método de distribución Gumbel.*

Haciendo un ajuste de las precipitaciones por el método de Gumbel, así como las precipitaciones con duraciones menores a 24 horas para el municipio, para el ajuste de las lluvias, se obtuvieron las precipitaciones máximas en 24 horas asociadas a periodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 25, 50, 100, 500 y 1000 años, las cuales se utilizaron para calcular los caudales de los escurrimientos que representan peligro de inundación en el municipio.

Resumen

|                                     |            |
|-------------------------------------|------------|
| <u>Estadísticas de la regresión</u> |            |
| Coefficiente de                     | 0.50365689 |
| Coefficiente de                     | 0.25367026 |
| R <sup>2</sup> ajustado             | 0.22959511 |
| Error típico                        | 43.4524188 |
| Observaciones                       | 33         |

ANÁLISIS DE VARIANZA

|           |    |                           |             |                         |            |                           |
|-----------|----|---------------------------|-------------|-------------------------|------------|---------------------------|
|           |    | <u>Grados de libertad</u> |             | <u>de los cuadrados</u> | <u>F</u>   | <u>Valor crítico de F</u> |
| Regresión | 1  | 19894.2886                | 19894.28864 | 10.53660018             | 0.00280726 |                           |
| Residuos  | 31 | 58531.4938                | 1888.112703 |                         |            |                           |
| Total     | 32 | 78425.7824                |             |                         |            |                           |

|              |                      |                     |                      |                     |                     |                     |                       |                       |
|--------------|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|
|              | <u>Coefficientes</u> | <u>Error típico</u> | <u>Estadístico t</u> | <u>Probabilidad</u> | <u>Inferior 95%</u> | <u>Superior 95%</u> | <u>Inferior 90.0%</u> | <u>Superior 90.0%</u> |
| Intercepción | 166.878353           | 18.6484349          | 8.948651941          | 4.24328E-10         | 128.844619          | 204.912086          | 135.259581            | 198.497124            |
| Variable X 1 | -0.49601422          | 0.15280722          | -3.24601297          | 0.002807262         | -0.8076666          | -0.18436184         | -0.75510174           | -0.23692671           |

| estación San Marcos |      |       |          |      |      |        |
|---------------------|------|-------|----------|------|------|--------|
| No                  | año  | max   | Weinbull | P>x  | F(x) | Gumbel |
| 1                   | 1981 | 41.00 | 200.70   | 0.03 | 0.97 | 242.64 |
| 2                   | 1982 | 40.00 | 180.90   | 0.06 | 0.94 | 211.40 |
| 3                   | 1983 | 52.00 | 180.70   | 0.09 | 0.91 | 192.83 |

|    |      |        |        |      |      |        |
|----|------|--------|--------|------|------|--------|
| 4  | 1984 | 100.00 | 180.10 | 0.12 | 0.88 | 179.43 |
| 5  | 1985 | 23.20  | 180.00 | 0.15 | 0.85 | 168.86 |
| 6  | 1988 | 160.50 | 175.00 | 0.18 | 0.82 | 160.07 |
| 7  | 1989 | 120.00 | 166.00 | 0.21 | 0.79 | 152.50 |
| 8  | 1990 | 160.50 | 160.50 | 0.24 | 0.76 | 145.81 |
| 9  | 1991 | 120.00 | 160.50 | 0.26 | 0.74 | 139.80 |
| 10 | 1992 | 106.00 | 149.40 | 0.29 | 0.71 | 134.30 |
| 11 | 1993 | 60.00  | 140.30 | 0.32 | 0.68 | 129.21 |
| 12 | 1994 | 97.00  | 130.50 | 0.35 | 0.65 | 124.46 |
| 13 | 1995 | 67.00  | 120.00 | 0.38 | 0.62 | 119.99 |
| 14 | 1996 | 83.00  | 120.00 | 0.41 | 0.59 | 115.73 |
| 15 | 1997 | 81.60  | 113.50 | 0.44 | 0.56 | 111.66 |
| 16 | 1998 | 149.40 | 110.40 | 0.47 | 0.53 | 107.75 |
| 17 | 2000 | 58.00  | 106.00 | 0.50 | 0.50 | 103.95 |
| 18 | 2001 | 180.70 | 102.50 | 0.53 | 0.47 | 100.25 |
| 19 | 2002 | 175.00 | 100.00 | 0.56 | 0.44 | 96.63  |
| 20 | 2004 | 166.00 | 97.00  | 0.59 | 0.41 | 93.06  |
| 21 | 2005 | 86.20  | 86.20  | 0.62 | 0.38 | 89.52  |
| 22 | 2006 | 102.50 | 83.00  | 0.65 | 0.35 | 86.00  |
| 23 | 2007 | 130.50 | 81.60  | 0.68 | 0.32 | 82.46  |
| 24 | 2008 | 113.50 | 80.10  | 0.71 | 0.29 | 78.88  |
| 25 | 2009 | 110.40 | 80.00  | 0.74 | 0.26 | 75.24  |
| 26 | 2010 | 180.90 | 67.00  | 0.76 | 0.24 | 71.50  |
| 27 | 2011 | 55.00  | 60.00  | 0.79 | 0.21 | 67.60  |
| 28 | 2012 | 80.00  | 58.00  | 0.82 | 0.18 | 63.50  |
| 29 | 2013 | 180.10 | 55.00  | 0.85 | 0.15 | 59.09  |
| 30 | 2014 | 140.30 | 52.00  | 0.88 | 0.12 | 54.24  |
| 31 | 2015 | 80.10  | 41.00  | 0.91 | 0.09 | 48.67  |
| 32 | 2016 | 200.70 | 40.00  | 0.94 | 0.06 | 41.86  |
| 33 | 2017 | 180.00 | 23.20  | 0.97 | 0.03 | 32.21  |

Resumen

Estadísticas de la regresión

|                         |             |
|-------------------------|-------------|
| Coeficiente de          | 0.02190228  |
| Coeficiente de          | 0.00047971  |
| R <sup>2</sup> ajustado | -0.02034363 |
| Error típico            | 38.8754274  |
| Observaciones           | 50          |

ANÁLISIS DE VARIANZA

|           | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Media Cuadrado | F          | Valor crítico de F |
|-----------|--------------------|-------------------|----------------|------------|--------------------|
| Regresión | 1                  | 34.8159825        | 34.8159825     | 0.02303713 | 0.87999672         |
| Residuos  | 48                 | 72542.3452        | 1511.29886     |            |                    |
| Total     | 49                 | 72577.1611        |                |            |                    |

|              | Coeficientes | Error típico | Estadístico t | Probabilidad | Inferior 95% | Superior 95% | Inferior 90.0% | Superior 90.0% |
|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|----------------|----------------|
| Intercepción | 103.508562   | 15.4823667   | 6.68557748    | 2.2324E-08   | 72.3791776   | 134.637947   | 77.5411621     | 129.475962     |
| Variable X 1 | -0.02168289  | 0.14285746   | -0.15177986   | 0.87999672   | -0.30891706  | 0.26555129   | -0.26128688    | 0.21792111     |

| estación San José del Valle |      |        |         |      |      |        |
|-----------------------------|------|--------|---------|------|------|--------|
| No                          | año  | max    | Weibull | P>x  | F(x) | Gumbel |
| 1                           | 1969 | 100.00 | 227.00  | 0.02 | 0.98 | 213.17 |
| 2                           | 1970 | 94.30  | 201.50  | 0.04 | 0.96 | 189.85 |
| 3                           | 1971 | 125.80 | 192.00  | 0.06 | 0.94 | 176.07 |
| 4                           | 1972 | 63.00  | 170.50  | 0.08 | 0.92 | 166.18 |
| 5                           | 1973 | 87.30  | 160.00  | 0.10 | 0.90 | 158.43 |
| 6                           | 1974 | 100.00 | 160.00  | 0.12 | 0.88 | 152.03 |
| 7                           | 1975 | 170.50 | 140.00  | 0.14 | 0.86 | 146.56 |
| 8                           | 1976 | 65.70  | 130.00  | 0.16 | 0.84 | 141.76 |
| 9                           | 1977 | 192.00 | 128.50  | 0.18 | 0.82 | 137.47 |
| 10                          | 1978 | 86.00  | 125.80  | 0.20 | 0.80 | 133.59 |
| 11                          | 1979 | 57.00  | 125.60  | 0.22 | 0.78 | 130.04 |
| 12                          | 1980 | 94.00  | 121.00  | 0.24 | 0.76 | 126.75 |
| 13                          | 1981 | 82.50  | 115.00  | 0.25 | 0.75 | 123.69 |
| 14                          | 1982 | 65.50  | 113.89  | 0.27 | 0.73 | 120.81 |
| 15                          | 1983 | 98.00  | 109.00  | 0.29 | 0.71 | 118.10 |
| 16                          | 1984 | 109.00 | 104.50  | 0.31 | 0.69 | 115.52 |
| 17                          | 1985 | 77.00  | 100.00  | 0.33 | 0.67 | 113.06 |
| 18                          | 1986 | 87.50  | 100.00  | 0.35 | 0.65 | 110.70 |
| 19                          | 1987 | 130.00 | 100.00  | 0.37 | 0.63 | 108.44 |
| 20                          | 1988 | 82.00  | 98.00   | 0.39 | 0.61 | 106.25 |
| 21                          | 1989 | 94.00  | 95.00   | 0.41 | 0.59 | 104.14 |
| 22                          | 1990 | 91.00  | 94.30   | 0.43 | 0.57 | 102.08 |
| 23                          | 1991 | 90.00  | 94.00   | 0.45 | 0.55 | 100.08 |
| 24                          | 1992 | 160.00 | 94.00   | 0.47 | 0.53 | 98.13  |
| 25                          | 1993 | 68.00  | 92.00   | 0.49 | 0.51 | 96.22  |
| 26                          | 1994 | 68.00  | 91.00   | 0.51 | 0.49 | 94.34  |



|    |      |        |       |      |      |       |
|----|------|--------|-------|------|------|-------|
| 27 | 1995 | 80.00  | 91.00 | 0.53 | 0.47 | 92.50 |
| 28 | 1996 | 81.50  | 90.00 | 0.55 | 0.45 | 90.68 |
| 29 | 1997 | 125.60 | 90.00 | 0.57 | 0.43 | 88.88 |
| 30 | 1998 | 160.00 | 87.50 | 0.59 | 0.41 | 87.09 |
| 31 | 1999 | 80.00  | 87.30 | 0.61 | 0.39 | 85.31 |
| 32 | 2000 | 71.00  | 86.00 | 0.63 | 0.37 | 83.55 |
| 33 | 2001 | 140.00 | 82.50 | 0.65 | 0.35 | 81.78 |
| 34 | 2002 | 201.50 | 82.00 | 0.67 | 0.33 | 80.01 |
| 35 | 2003 | 113.89 | 81.50 | 0.69 | 0.31 | 78.23 |
| 36 | 2004 | 121.00 | 80.00 | 0.71 | 0.29 | 76.43 |
| 37 | 2005 | 115.00 | 80.00 | 0.73 | 0.27 | 74.61 |
| 38 | 2006 | 42.00  | 80.00 | 0.75 | 0.25 | 72.76 |
| 39 | 2007 | 95.00  | 77.00 | 0.76 | 0.24 | 70.88 |
| 40 | 2008 | 128.50 | 74.00 | 0.78 | 0.22 | 68.94 |
| 41 | 2009 | 91.00  | 71.00 | 0.80 | 0.20 | 66.94 |
| 42 | 2010 | 104.50 | 68.00 | 0.82 | 0.18 | 64.86 |
| 43 | 2011 | 92.00  | 68.00 | 0.84 | 0.16 | 62.68 |
| 44 | 2012 | 74.00  | 65.70 | 0.86 | 0.14 | 60.38 |
| 45 | 2013 | 90.00  | 65.50 | 0.88 | 0.12 | 57.90 |
| 46 | 2014 | 60.00  | 63.00 | 0.90 | 0.10 | 55.19 |
| 47 | 2015 | 227.00 | 60.00 | 0.92 | 0.08 | 52.14 |
| 48 | 2016 | 54.00  | 57.00 | 0.94 | 0.06 | 48.59 |
| 49 | 2017 | 80.00  | 54.00 | 0.96 | 0.04 | 44.16 |
| 50 | 2018 | 100.00 | 42.00 | 0.98 | 0.02 | 37.73 |

Resumen

Estadísticas de la regresión

Coefficiente de 0.02635424

Coefficiente de 0.00069455

R<sup>2</sup> ajustado -0.01378814

Error típico 30.3965529

Observaciones 71

ANÁLISIS DE VARIANZA

|           | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Media Cuadrado | F          | Valor crítico de F |
|-----------|--------------------|-------------------|----------------|------------|--------------------|
| Regresión | 1                  | 44.309865         | 44.309865      | 0.04795697 | 0.82730369         |
| Residuos  | 69                 | 63752.5794        | 923.950427     |            |                    |
| Total     | 70                 | 63796.8893        |                |            |                    |

|              | Coefficientes | Error típico | Estadístico t | Probabilidad | Inferior 95% | Superior 95% | Inferior 90.0% | Superior 90.0% |
|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|----------------|----------------|
| Intercepción | 93.9190711    | 11.5166772   | 8.15504936    | 1.0404E-11   | 70.9439287   | 116.894213   | 74.7180229     | 113.120119     |
| Variable X 1 | -0.02616938   | 0.11949991   | -0.2189908    | 0.82730369   | -0.26456518  | 0.21222641   | -0.22540424    | 0.17306547     |

| estación La Desembocada |     |          |          |     |      |        |
|-------------------------|-----|----------|----------|-----|------|--------|
| No.                     | Año | MAX (mm) | Weinbull | P>x | F(x) | Gumbel |

|    |      |        |        |      |      |        |
|----|------|--------|--------|------|------|--------|
| 1  | 1949 | 80.00  | 171.00 | 0.01 | 0.99 | 186.05 |
| 2  | 1950 | 76.10  | 162.50 | 0.03 | 0.97 | 168.23 |
| 3  | 1951 | 134.50 | 161.50 | 0.04 | 0.96 | 157.73 |
| 4  | 1952 | 69.40  | 160.00 | 0.06 | 0.94 | 150.23 |
| 5  | 1953 | 77.70  | 147.50 | 0.07 | 0.93 | 144.36 |
| 6  | 1954 | 123.20 | 145.00 | 0.08 | 0.92 | 139.54 |
| 7  | 1955 | 74.00  | 134.50 | 0.10 | 0.90 | 135.42 |
| 8  | 1956 | 104.50 | 124.00 | 0.11 | 0.89 | 131.83 |
| 9  | 1957 | 80.00  | 123.50 | 0.13 | 0.88 | 128.64 |
| 10 | 1958 | 82.00  | 123.20 | 0.14 | 0.86 | 125.76 |
| 11 | 1959 | 111.60 | 121.00 | 0.15 | 0.85 | 123.13 |
| 12 | 1960 | 82.50  | 116.00 | 0.17 | 0.83 | 120.71 |
| 13 | 1961 | 81.70  | 116.00 | 0.18 | 0.82 | 118.47 |
| 14 | 1962 | 162.50 | 114.50 | 0.19 | 0.81 | 116.37 |
| 15 | 1963 | 95.50  | 111.60 | 0.21 | 0.79 | 114.40 |
| 16 | 1964 | 62.20  | 108.50 | 0.22 | 0.78 | 112.54 |
| 17 | 1965 | 84.50  | 108.00 | 0.24 | 0.76 | 110.78 |
| 18 | 1966 | 80.50  | 104.50 | 0.25 | 0.75 | 109.11 |
| 19 | 1967 | 89.50  | 101.50 | 0.26 | 0.74 | 107.50 |
| 20 | 1968 | 74.00  | 100.80 | 0.28 | 0.72 | 105.97 |
| 21 | 1969 | 90.00  | 100.00 | 0.29 | 0.71 | 104.49 |
| 22 | 1970 | 95.50  | 100.00 | 0.31 | 0.69 | 103.07 |
| 23 | 1971 | 145.00 | 98.50  | 0.32 | 0.68 | 101.70 |
| 24 | 1972 | 82.50  | 97.50  | 0.33 | 0.67 | 100.37 |
| 25 | 1973 | 101.50 | 95.50  | 0.35 | 0.65 | 99.08  |
| 26 | 1974 | 83.50  | 95.50  | 0.36 | 0.64 | 97.83  |
| 27 | 1975 | 82.00  | 92.50  | 0.38 | 0.63 | 96.61  |
| 28 | 1976 | 100.80 | 91.00  | 0.39 | 0.61 | 95.43  |
| 29 | 1977 | 0.00   | 90.00  | 0.40 | 0.60 | 94.26  |
| 30 | 1978 | 92.50  | 89.50  | 0.42 | 0.58 | 93.13  |
| 31 | 1979 | 73.00  | 89.00  | 0.43 | 0.57 | 92.02  |
| 32 | 1980 | 71.50  | 88.50  | 0.44 | 0.56 | 90.92  |
| 33 | 1981 | 63.50  | 85.00  | 0.46 | 0.54 | 89.85  |
| 34 | 1982 | 73.00  | 84.50  | 0.47 | 0.53 | 88.79  |
| 35 | 1983 | 70.00  | 84.50  | 0.49 | 0.51 | 87.75  |
| 36 | 1984 | 71.50  | 83.50  | 0.50 | 0.50 | 86.73  |
| 37 | 1985 | 161.50 | 83.50  | 0.51 | 0.49 | 85.71  |
| 38 | 1986 | 44.00  | 83.00  | 0.53 | 0.47 | 84.71  |
| 39 | 1987 | 63.00  | 83.00  | 0.54 | 0.46 | 83.72  |
| 40 | 1988 | 147.50 | 82.50  | 0.56 | 0.44 | 82.73  |
| 41 | 1989 | 83.00  | 82.50  | 0.57 | 0.43 | 81.76  |
| 42 | 1990 | 80.00  | 82.00  | 0.58 | 0.42 | 80.79  |
| 43 | 1991 | 123.50 | 82.00  | 0.60 | 0.40 | 79.82  |

|    |      |        |       |      |      |       |
|----|------|--------|-------|------|------|-------|
| 44 | 1992 | 88.50  | 81.70 | 0.61 | 0.39 | 78.85 |
| 45 | 1993 | 108.50 | 81.50 | 0.63 | 0.38 | 77.89 |
| 46 | 1994 | 83.00  | 81.50 | 0.64 | 0.36 | 76.93 |
| 47 | 1995 | 72.50  | 80.50 | 0.65 | 0.35 | 75.97 |
| 48 | 1996 | 84.50  | 80.00 | 0.67 | 0.33 | 75.01 |
| 49 | 1997 | 81.50  | 80.00 | 0.68 | 0.32 | 74.04 |
| 50 | 1998 | 171.00 | 80.00 | 0.69 | 0.31 | 73.07 |
| 51 | 1999 | 69.00  | 80.00 | 0.71 | 0.29 | 72.09 |
| 52 | 2000 | 160.00 | 77.70 | 0.72 | 0.28 | 71.10 |
| 53 | 2001 | 70.00  | 77.50 | 0.74 | 0.26 | 70.10 |
| 54 | 2002 | 100.00 | 76.10 | 0.75 | 0.25 | 69.09 |
| 55 | 2003 | 114.50 | 74.00 | 0.76 | 0.24 | 68.06 |
| 56 | 2004 | 81.50  | 74.00 | 0.78 | 0.22 | 67.01 |
| 57 | 2005 | 83.50  | 73.00 | 0.79 | 0.21 | 65.94 |
| 58 | 2006 | 98.50  | 73.00 | 0.81 | 0.19 | 64.85 |
| 59 | 2007 | 91.00  | 72.50 | 0.82 | 0.18 | 63.72 |
| 60 | 2008 | 97.50  | 71.50 | 0.83 | 0.17 | 62.56 |
| 61 | 2009 | 77.50  | 71.50 | 0.85 | 0.15 | 61.35 |
| 62 | 2010 | 89.00  | 70.00 | 0.86 | 0.14 | 60.09 |
| 63 | 2011 | 121.00 | 70.00 | 0.88 | 0.13 | 58.77 |
| 64 | 2012 | 85.00  | 69.40 | 0.89 | 0.11 | 57.37 |
| 65 | 2013 | 100.00 | 69.00 | 0.90 | 0.10 | 55.87 |
| 66 | 2014 | 108.00 | 63.50 | 0.92 | 0.08 | 54.24 |
| 67 | 2015 | 116.00 | 63.00 | 0.93 | 0.07 | 52.44 |
| 68 | 2016 | 124.00 | 62.20 | 0.94 | 0.06 | 50.39 |
| 69 | 2017 | 116.00 | 44.00 | 0.96 | 0.04 | 47.98 |
| 70 | 2018 | 80.00  | 2.50  | 0.97 | 0.03 | 44.92 |
| 71 | 2019 | 2.50   | 0.00  | 0.99 | 0.01 | 40.42 |

Resumen

| <i>Estadísticas de la regresión</i> |             |
|-------------------------------------|-------------|
| Coefficiente de                     | 0.03732876  |
| Coefficiente de                     | 0.00139344  |
| R <sup>2</sup> ajustado             | -0.01612598 |
| Error típico                        | 33.1922976  |
| Observaciones                       | 59          |

ANÁLISIS DE VARIANZA

|           | Grados de libertad | cuadrado de los cuac | F          | valor crítico de F |
|-----------|--------------------|----------------------|------------|--------------------|
| Regresión | 1                  | 87.62787             | 87.62787   | 0.07953671         |
| Residuos  | 57                 | 62798.5315           | 1101.72862 |                    |
| Total     | 58                 | 62886.1593           |            |                    |

|              | Coefficientes | Error típico | Estadístico t | Probabilidad | Inferior 95% | Superior 95% | Inferior 90.0% | superior 90.0% |
|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|----------------|----------------|
| Intercepción | 102.266314    | 14.5906973   | 7.00900797    | 3.0738E-09   | 73.0489465   | 131.483681   | 77.8702464     | 126.662381     |
| Variable X 1 | 0.03700987    | 0.1312302    | 0.28202253    | 0.77894769   | -0.22577407  | 0.29979382   | -0.18241081    | 0.25643056     |

| estación Las Gaviotas |      |          |          |      |      |        |
|-----------------------|------|----------|----------|------|------|--------|
| No.                   | Año  | MAX (mm) | Weinbull | P>x  | F(x) | Gumbel |
| 1                     | 1955 | 166.30   | 234.00   | 0.02 | 0.98 | 205.37 |
| 2                     | 1956 | 137.30   | 175.00   | 0.03 | 0.97 | 185.68 |
| 3                     | 1957 | 74.50    | 166.30   | 0.05 | 0.95 | 174.06 |
| 4                     | 1958 | 128.30   | 156.90   | 0.07 | 0.93 | 165.74 |
| 5                     | 1959 | 96.00    | 150.00   | 0.08 | 0.92 | 159.23 |
| 6                     | 1960 | 156.90   | 147.00   | 0.10 | 0.90 | 153.86 |
| 7                     | 1961 | 121.60   | 140.00   | 0.12 | 0.88 | 149.28 |
| 8                     | 1962 | 94.50    | 137.30   | 0.13 | 0.87 | 145.27 |
| 9                     | 1963 | 71.40    | 136.00   | 0.15 | 0.85 | 141.70 |
| 10                    | 1964 | 110.00   | 136.00   | 0.17 | 0.83 | 138.47 |
| 11                    | 1965 | 120.00   | 130.50   | 0.18 | 0.82 | 135.52 |
| 12                    | 1966 | 102.00   | 130.00   | 0.20 | 0.80 | 132.80 |
| 13                    | 1967 | 109.00   | 128.30   | 0.22 | 0.78 | 130.27 |
| 14                    | 1968 | 63.50    | 128.00   | 0.23 | 0.77 | 127.90 |
| 15                    | 1969 | 120.80   | 127.00   | 0.25 | 0.75 | 125.67 |
| 16                    | 1970 | 80.00    | 124.00   | 0.27 | 0.73 | 123.56 |
| 17                    | 1971 | 130.00   | 121.60   | 0.28 | 0.72 | 121.56 |
| 18                    | 1972 | 84.00    | 120.80   | 0.30 | 0.70 | 119.64 |
| 19                    | 1973 | 87.50    | 120.00   | 0.32 | 0.68 | 117.81 |
| 20                    | 1974 | 112.00   | 120.00   | 0.33 | 0.67 | 116.04 |
| 21                    | 1975 | 95.00    | 118.50   | 0.35 | 0.65 | 114.34 |
| 22                    | 1976 | 81.00    | 114.00   | 0.37 | 0.63 | 112.70 |
| 23                    | 1977 | 80.00    | 113.00   | 0.38 | 0.62 | 111.11 |
| 24                    | 1978 | 72.00    | 112.00   | 0.40 | 0.60 | 109.56 |
| 25                    | 1979 | 136.00   | 112.00   | 0.42 | 0.58 | 108.06 |
| 26                    | 1980 | 86.50    | 110.00   | 0.43 | 0.57 | 106.59 |

|    |      |        |        |      |      |        |
|----|------|--------|--------|------|------|--------|
| 27 | 1981 | 70.00  | 109.00 | 0.45 | 0.55 | 105.15 |
| 28 | 1982 | 71.00  | 108.00 | 0.47 | 0.53 | 103.74 |
| 29 | 1983 | 136.00 | 107.00 | 0.48 | 0.52 | 102.36 |
| 30 | 1984 | 114.00 | 102.00 | 0.50 | 0.50 | 101.00 |
| 31 | 1985 | 86.50  | 100.00 | 0.52 | 0.48 | 99.66  |
| 32 | 1986 | 66.00  | 98.00  | 0.53 | 0.47 | 98.33  |
| 33 | 1987 | 53.00  | 96.00  | 0.55 | 0.45 | 97.03  |
| 34 | 1989 | 98.00  | 95.00  | 0.57 | 0.43 | 95.73  |
| 35 | 1990 | 47.00  | 94.50  | 0.58 | 0.42 | 94.44  |
| 36 | 1991 | 234.00 | 92.00  | 0.60 | 0.40 | 93.17  |
| 37 | 1992 | 92.00  | 91.50  | 0.62 | 0.38 | 91.89  |
| 38 | 1993 | 120.00 | 88.50  | 0.63 | 0.37 | 90.62  |
| 39 | 1994 | 74.00  | 87.50  | 0.65 | 0.35 | 89.35  |
| 40 | 1995 | 130.50 | 87.00  | 0.67 | 0.33 | 88.07  |
| 41 | 1996 | 100.00 | 86.50  | 0.68 | 0.32 | 86.79  |
| 42 | 1997 | 118.50 | 86.50  | 0.70 | 0.30 | 85.50  |
| 43 | 1998 | 140.00 | 86.00  | 0.72 | 0.28 | 84.20  |
| 44 | 1999 | 108.00 | 84.50  | 0.73 | 0.27 | 82.88  |
| 45 | 2000 | 124.00 | 84.00  | 0.75 | 0.25 | 81.55  |
| 46 | 2001 | 128.00 | 81.00  | 0.77 | 0.23 | 80.18  |
| 47 | 2002 | 91.50  | 80.00  | 0.78 | 0.22 | 78.79  |
| 48 | 2003 | 87.00  | 80.00  | 0.80 | 0.20 | 77.36  |
| 49 | 2004 | 113.00 | 74.50  | 0.82 | 0.18 | 75.88  |
| 50 | 2005 | 84.50  | 74.00  | 0.83 | 0.17 | 74.35  |
| 51 | 2006 | 107.00 | 72.00  | 0.85 | 0.15 | 72.74  |
| 52 | 2007 | 86.00  | 71.40  | 0.87 | 0.13 | 71.05  |
| 53 | 2008 | 147.00 | 71.00  | 0.88 | 0.12 | 69.25  |
| 54 | 2013 | 112.00 | 70.50  | 0.90 | 0.10 | 67.31  |
| 55 | 2014 | 150.00 | 70.00  | 0.92 | 0.08 | 65.17  |
| 56 | 2015 | 70.50  | 66.00  | 0.93 | 0.07 | 62.76  |
| 57 | 2016 | 175.00 | 63.50  | 0.95 | 0.05 | 59.92  |
| 58 | 2017 | 127.00 | 53.00  | 0.97 | 0.03 | 56.36  |
| 59 | 2018 | 88.50  | 47.00  | 0.98 | 0.02 | 51.16  |

Los cálculos de la distribución son de elaboración propia mediante el software Excel con la metodología propuesta en el libro “Fundamentos de hidrología de superficie, ver documento “Tomo III Anexo II”.

Cuadro 22. Ajuste de precipitación para periodos de retorno

| Estación | Periodo de retorno (Tr) Años |   |    |    |    |     |     |     |      |
|----------|------------------------------|---|----|----|----|-----|-----|-----|------|
|          | 2                            | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 | 200 | 500 | 1000 |
|          |                              |   |    |    |    |     |     |     |      |



|                |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| San Marcos     | 103.95 | 153.93 | 187.03 | 228.84 | 259.86 | 290.65 | 321.33 | 361.80 | 392.39 |
| San José       | 95.28  | 132.86 | 157.74 | 189.18 | 212.50 | 235.65 | 258.72 | 289.15 | 312.15 |
| La Desembocada | 86.73  | 115.57 | 134.67 | 158.79 | 176.69 | 194.46 | 212.16 | 235.52 | 253.17 |
| Las Gaviotas   | 101.00 | 132.80 | 153.86 | 180.47 | 200.21 | 219.80 | 239.32 | 265.08 | 284.54 |
|                |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| Adoptado.      | 96.74  | 133.79 | 158.32 | 189.32 | 212.32 | 235.14 | 257.88 | 287.89 | 310.56 |

De las simulaciones obtenidas, se puede observar el área de cubrimiento de superficie de cada uno de los escurrimientos que puede ser susceptible a inundación, a continuación, se presentan las zonas de peligro para cada uno de los escurrimientos, ríos y arroyos del municipio que presentan o podrían presentar peligros y desastres por inundación.

*Modelación y mapas de peligro por inundaciones fluviales para los principales escurrimientos del municipio*

Un riesgo latente de inundación lo representan los principales arroyos y ríos del municipio, de los cuales se realizaron modelados hidráulicos, con el apoyo de Sistemas de Información Geográfica en sus condiciones actuales, para ello, se utilizó el Software HEC-RAS. Este programa requiere dos tipos de datos para su funcionamiento, que son: Geométricos y de caudales. El primero de ellos genera parámetros de frontera como son las elevaciones del terreno y la segunda es para conocer los volúmenes de agua que transitan por ese cuerpo de agua (Gasto o Volumen de agua para un periodo de retorno).

Para este estudio, se implementó este software, está compuesto por programas de análisis hidráulico, con los cuales se puede interactuar con el sistema a través de una interfaz gráfica. El sistema contiene módulos de análisis hidráulico, almacenamiento de datos y presentación simple de gráficas y resultados. Ha sido diseñado para realizar cálculos hidráulicos unidimensionales para una red completa de canales naturales o artificiales. El modelo cuenta con la capacidad de calcular los flujos superficiales, así como los cálculos de los flujos uniformes y variables, también es capaz de realizar cálculos de los flujos de la superficie del agua, cálculos de flujo uniforme e incluir flujo variado, así como, transporte de sedimentos. Dicho modelo se basa en la solución de la ecuación unidimensional de la energía.

La respuesta hidrodinámica de un canal natural ante un evento dado, la obtiene HEC-RAS, a través de la solución de las ecuaciones de energía (Ecuación 8, Ecuación 9, 1.3), esto se realiza mediante la aplicación de un procedimiento iterativo llamado el método del paso estándar, en la cual las pérdidas de energía por fricción se calculan por la ecuación de Manning y las perdidas locales por contracción y expansión del flujo, se calculan como una fracción del diferencial de energía cinética entre dos secciones.

Ecuación 8

$$Z_2 + Y_2 + \frac{a_2 V_2^2}{2g} = Z_1 + Y_1 + \frac{a_1 V_1^2}{2g} + h_e$$

donde Z es la elevación del fondo del cauce, Y es la profundidad del flujo, V es la velocidad media del flujo, he es la pérdida de carga de energía,  $\alpha$  es el coeficiente de Coriolis y g es la aceleración de la gravedad.

Cuando el flujo deja de ser gradualmente variado, la ecuación de energía ya no es válida, en este caso, HEC-RAS alterna entre la aplicación de ecuaciones empíricas para estructuras especiales con un balance de fuerzas, o la ecuación Momentum (Ecuación 9).

$$\frac{Q_2^2 \beta_2}{g A_2} + A_2 Y_2 + \left( \frac{A_1 + A_2}{2} \right) L S_0 - \left( \frac{A_1 + A_2}{2} \right) L S_f = \frac{Q_1^2 \beta_1}{g A_1} + A_1 Y_1 \quad (\text{Ecuación 1.2})$$

donde Q es el caudal, A es el área de la sección transversal del cauce,  $\beta$  es el coeficiente que representa la variación de la velocidad en canales irregulares, Y es la profundidad medida desde la superficie del agua hasta el centroide de la sección transversal,  $S_0$  es la pendiente de fondo del canal principal,  $S_f$  es la pendiente de la línea de energía y L la distancia entre dos secciones medidas en el eje X.

La pérdida principal de energía (he) entre dos secciones transversales, está relacionada con pérdidas por fricción y pérdidas por contracción y expansión. La ecuación para la pérdida principal de energía se aprecia en la Ecuación 9.

Ecuación 9

$$h_e = L S_f + C \left[ \frac{a_2 V_2^2}{2g} - \frac{a_1 V_1^2}{2g} \right]$$

dónde: L es la Longitud del tramo, es la pendiente de fricción entre dos secciones y C es el Coeficiente de pérdida por expansión o contracción.

El procediendo computacional es el siguiente:

1. Se asume una elevación de superficie de agua aguas arriba de la sección transversal (o aguas debajo de la sección transversal, si se desea calcular un perfil supercrítico).
2. Basados en esta elevación asumida, se determina la capacidad de transporte total y así como la velocidad principal.
3. Con los valores obtenidos en el paso 2, se calcula la pendiente de fricción y se resuelve la Ecuación 1.2 para he.
4. Con los valores obtenidos en el paso 2 y 3, se resuelve la ecuación 1.1 para WS2.
5. Se comparan los valores calculados del WS2 con los valores asumidos en el paso 1. Se repiten los pasos desde 1 hasta el 5 con la diferencia entre ellos sea de 0.003 m. Esta tolerancia puede ser definida por el usuario.
6. El criterio utilizado para asumir las elevaciones de la superficie de agua en el proceso iterativo varía de intento en intento. El primer intento de superficie de agua está basado en proyectar la profundidad del agua de una sección transversal, sobre la siguiente sección transversal. Para el segundo intento, el programa vuelve a asumir la elevación de la superficie de agua, pero añadida a un 70% del error obtenido en el

primer intento (Elevación calculada – Elevación asumida). En otras palabras, la Elevación nueva = Elevación asumida + 0.70 x (Elevación calculada – Elevación asumida). El tercer y subsiguiente intento es generalmente basado en un método “Secante” proyectando la relación de cambio de la diferencia entre las elevaciones calculadas y asumidas para los dos primeros intentos.

La Ecuación 10 para el método de la secante se resume de la siguiente manera:

$$WS_1 = WS_{1-2} - Err_{1-2} \times Err_{Asum} / Err_{Dif}$$

Ecuación 10

*Arroyo El Indio o Las Animas:* Se presentan inundaciones fluviales en los márgenes del arroyo, desde su desembocadura al océano Pacífico, hasta donde termina el área urbana aguas arriba a una distancia aproximada de 1.6 km (Mapa 37).

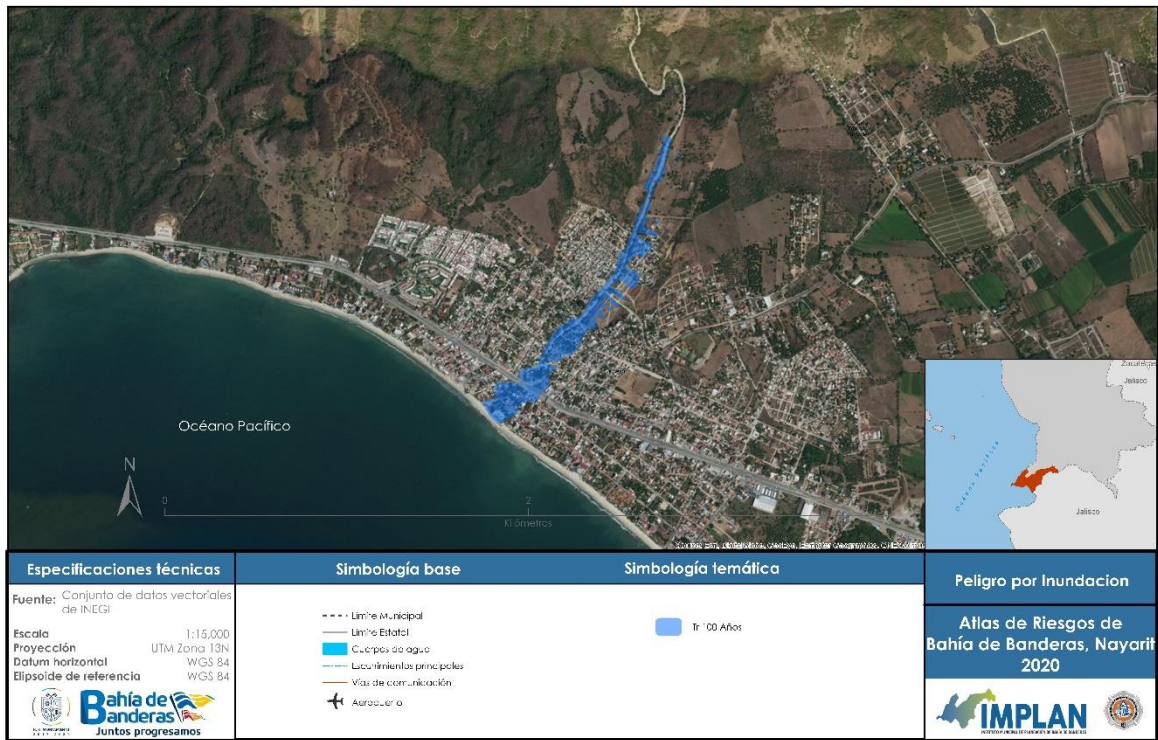
El gasto aplicado para el modelado es de 216.10 m<sup>3</sup>/s, correspondiente al periodo de retorno de 100 años y al tramo noreste de la localidad de Bucerías, hasta la desembocadura en la misma localidad (Cuadro 23), ver documento “Tomo III Anexo III”.

Cuadro 23. Gasto de Diseño m<sup>3</sup>/s, Arroyo del Indio o Las Ánimas

| GASTO ADOPTADO                 | 2     | 5     | 10     | 20     | 25     | 50     | 100    |
|--------------------------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR | 42.97 | 85.56 | 115.86 | 145.86 | 155.53 | 185.69 | 216.10 |

*Fuente: Elaboración propia del Instituto Municipal de Planeación.*

Mapa 37. Áreas de inundación del arroyo El Indio en Bucerías



Fuente: Elaboración propia del Instituto Municipal de Planeación.

**Charco Hondo:** Presenta inundaciones fluviales en las márgenes del arroyo denominado Charco Hondo (Cuadro 24) en San Francisco, Bahía de Banderas, teniendo mayor influencia dentro de la localidad que, debido a la morfología del terreno, propicia el desbordamiento de las crecientes.

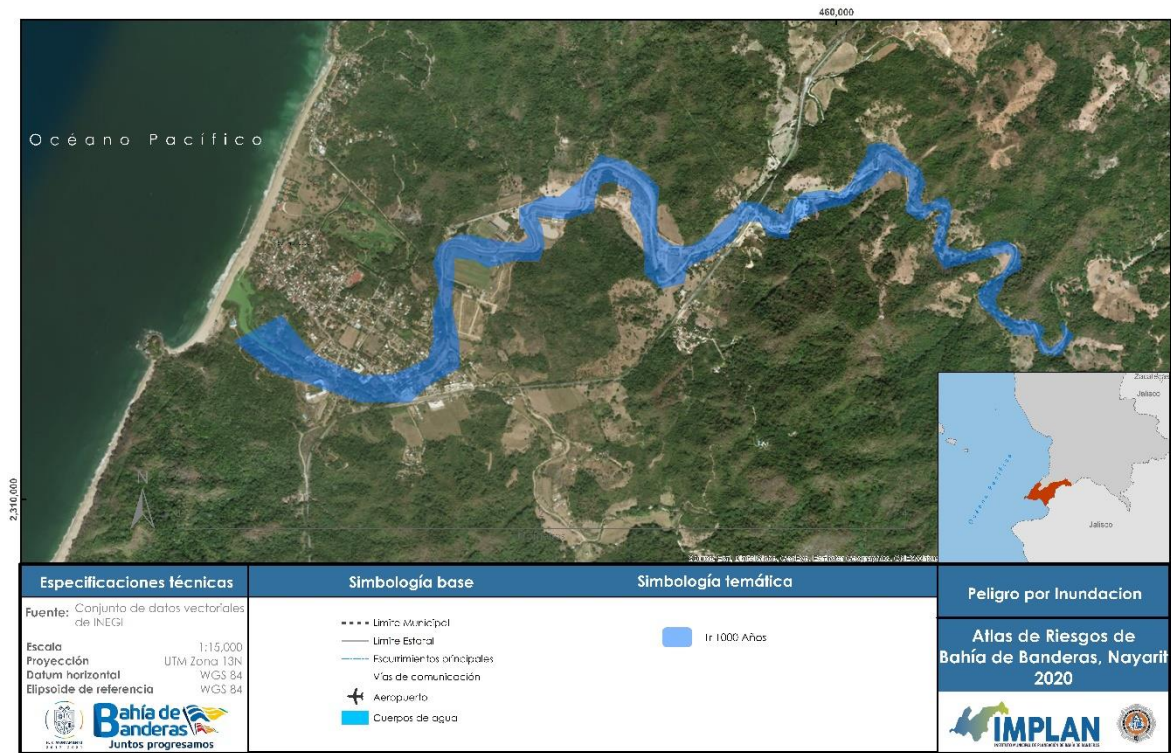
El gasto aplicado para el modelado es de 549.77 m<sup>3</sup>/s, correspondiente al periodo de retorno de 1000 años y al tramo noreste de la localidad de San Francisco, hasta la desembocadura en el mar (Mapa 38), ver documento “Tomo III Anexo III”.

Cuadro 24 gasto de Diseño m<sup>3</sup>/s, San Francisco

| GASTO ADOPTADO                 | 2     | 5     | 10     | 20     | 25     | 50     | 100           | 500           | 1000          |
|--------------------------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|---------------|---------------|---------------|
| HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR | 26.40 | 81.48 | 129.63 | 182.63 | 200.64 | 259.26 | <b>321.57</b> | <b>478.11</b> | <b>549.77</b> |

Fuente: Elaboración propia del Instituto Municipal de Planeación.

Mapa 38. Área de inundación en San Francisco



Fuente: Elaboración propia del Instituto Municipal de Planeación.

**Lo de Marcos:** las áreas de inundación se presentan en los márgenes del arroyo (Mapa 39) ubicado en la localidad del mismo nombre, donde se unen al arroyo otros escurrimientos más pequeños que agrandan el peligro por la inundación que causa; el gasto adoptado para el modelo de inundación es de 543.94 m<sup>3</sup>/s para un Tr de 1000 años (Cuadro 25) , ver documento “Tomo III Anexo III”.

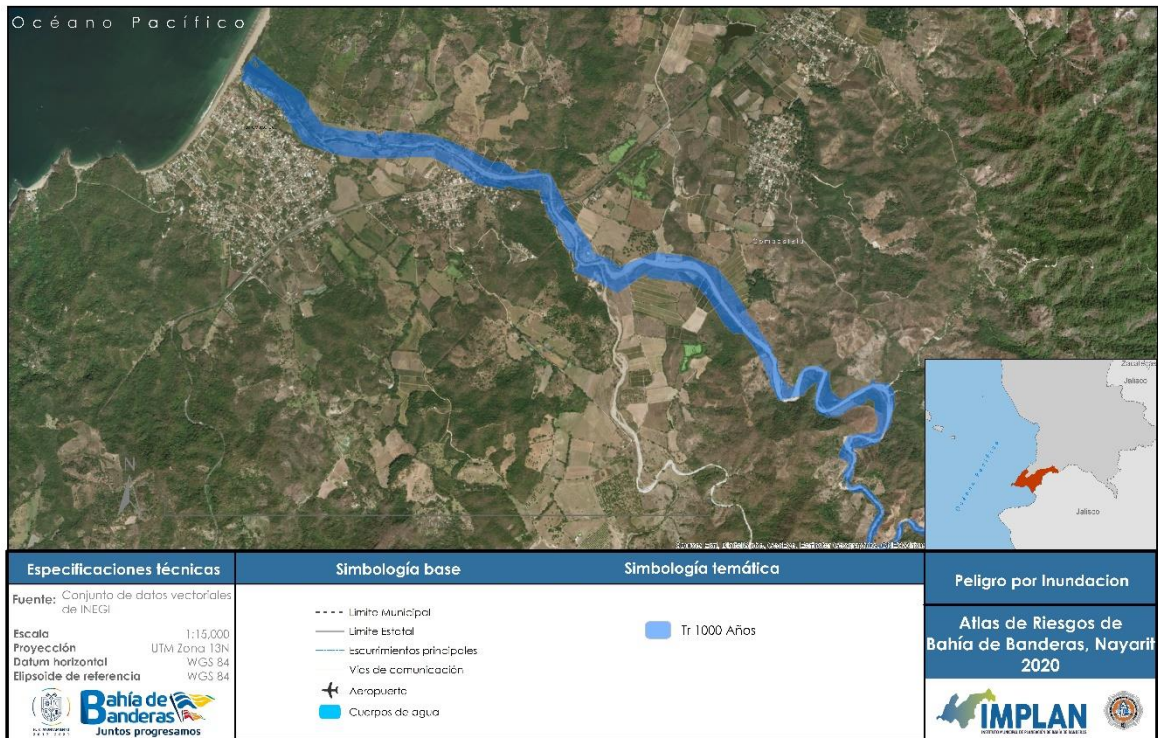
Cuadro 25 Gasto de Diseño m<sup>3</sup>/s

| GASTO ADOPTADO                 | 2     | 5     | 10     | 20     | 25     | 50     | 100           | 500           | 1000          |
|--------------------------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|---------------|---------------|---------------|
| HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR | 21.47 | 72.88 | 119.10 | 170.60 | 188.21 | 245.79 | <b>307.37</b> | <b>463.21</b> | <b>534.94</b> |

Fuente: Elaboración propia del Instituto Municipal de Planeación.



Mapa 39. Área de inundación en Lo de Marcos



Fuente: Elaboración propia del Instituto Municipal de Planeación.

**Tondoroque:** Se presentan inundaciones fluviales en los márgenes del escurrimiento innominado en la localidad de Tondoroque, Bahía de Banderas, (Mapa 40).

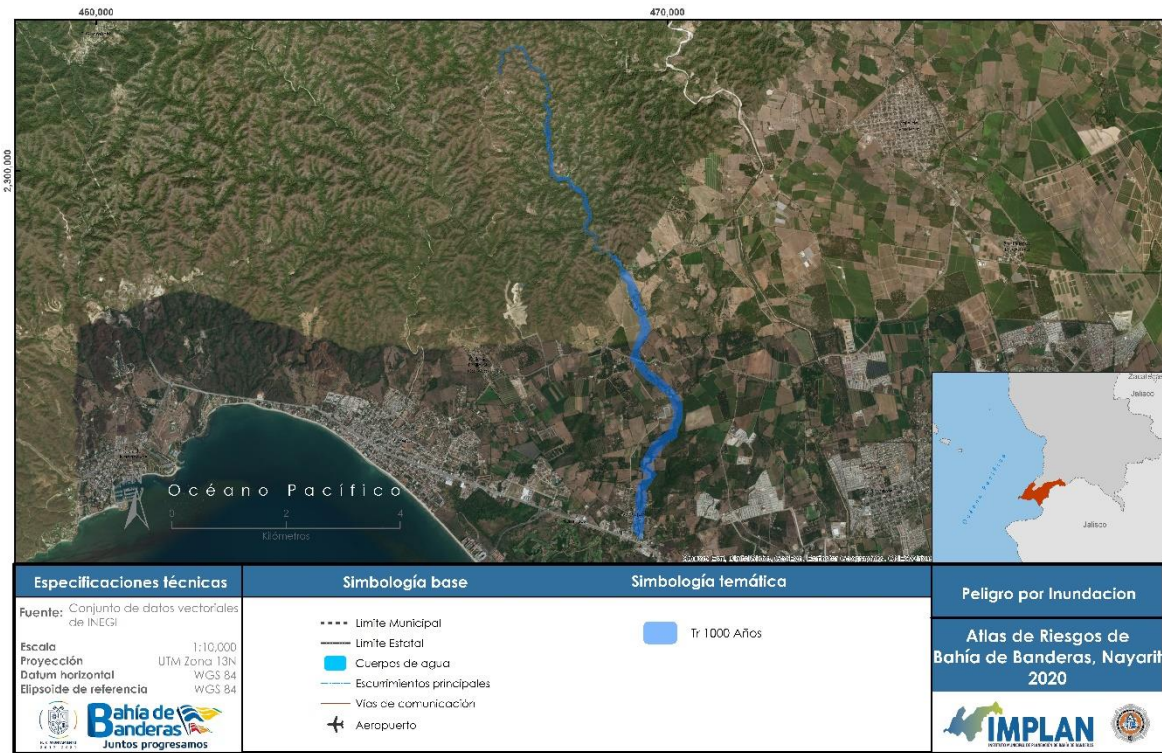
El gasto aplicado para el modelado es de 309.14 m<sup>3</sup>/s, correspondiente al periodo de retorno de 1000 años, desde la zona noreste de la localidad, hasta la desembocadura en la Laguna del Quelele, ver documento “Tomo III Anexo III”.

Cuadro 26 Gasto de Diseño m<sup>3</sup>/s, Tondoroque

| GASTO ADOPTADO                 | 2     | 5     | 10    | 20     | 25     | 50     | 100           | 500           | 1000          |
|--------------------------------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|---------------|---------------|---------------|
| HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR | 31.05 | 67.54 | 95.85 | 125.25 | 134.96 | 165.82 | <b>197.66</b> | <b>274.80</b> | <b>309.14</b> |

Fuente: Elaboración propia del Instituto Municipal de Planeación.

Mapa 40. Áreas de inundación del escurrimiento innominado en Tondoroque.



Fuente: Elaboración propia del Instituto Municipal de Planeación.

**La ceiba:** A pesar de que este escurrimiento no atraviesa por localidades del municipio, lo hace por la vialidad de El Colomo – Aguamilpa, la cual se ve rebasada en las crecientes, dejando incomunicadas a las localidades de la zona sierra ( Cuadro 27 ).

El gasto aplicado para el modelado es de 244.75 m<sup>3</sup>/s, correspondiente al periodo de retorno de 1000 años, hasta la desembocadura en el río Ameca (Ver mapa en anexo cartográfico Tomo III).

Cuadro 27 Gasto de Diseño m<sup>3</sup>/s, La Ceiba

| GASTO ADOPTADO                 | 2    | 5     | 10    | 20    | 25    | 50     | 100           | 101           | 102           |
|--------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|--------|---------------|---------------|---------------|
| HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR | 9.80 | 33.32 | 54.46 | 78.02 | 86.07 | 112.42 | <b>140.60</b> | <b>211.92</b> | <b>244.75</b> |

Fuente: Elaboración propia del Instituto Municipal de Planeación.

**Guastitán:** En la margen izquierda del arroyo, en la desembocadura con el río Ameca, se encuentra la localidad de San Juan de Abajo, Bahía de Banderas, la cual se ve afectada con zona de peligro por los arrastres de material del arroyo (Mapa 41), afectando a más de 50 viviendas, además del peligro latente de desbordamiento del río (Cuadro 28).



El gasto aplicado para el modelado es de 508.30 m<sup>3</sup>/s, correspondiente al periodo de retorno de 1000 años y al tramo noroeste de la localidad de San Juan de Abajo, hasta la desembocadura en río Ameca, ver documento “Tomo III Anexo III”..

Cuadro 28 Gasto de Diseño m<sup>3</sup>/s Guastitán

| GASTO ADOPTADO                 | 2     | 5     | 10     | 20     | 25     | 50     | 100    | 500    | 1000   |
|--------------------------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR | 34.64 | 89.83 | 135.47 | 184.40 | 200.81 | 253.68 | 309.15 | 446.29 | 508.30 |

Fuente: Elaboración propia del Instituto Municipal de Planeación.

Mapa 41. Área de inundación en San Juan de Abajo.



Fuente: Elaboración propia del Instituto Municipal de Planeación.

**Río Ameca:** a continuación, se representa la amplitud de inundación que provocaría el caudal del río Ameca (Mapa 42) en tres áreas: zona serrana (Mapa 43), zona centro (Mapa 44) y zona Costa (Mapa 45) y el mayor esparcimiento del área inundada se encuentra en la zona de San Juan de Abajo, en la zona de la desembocadura.

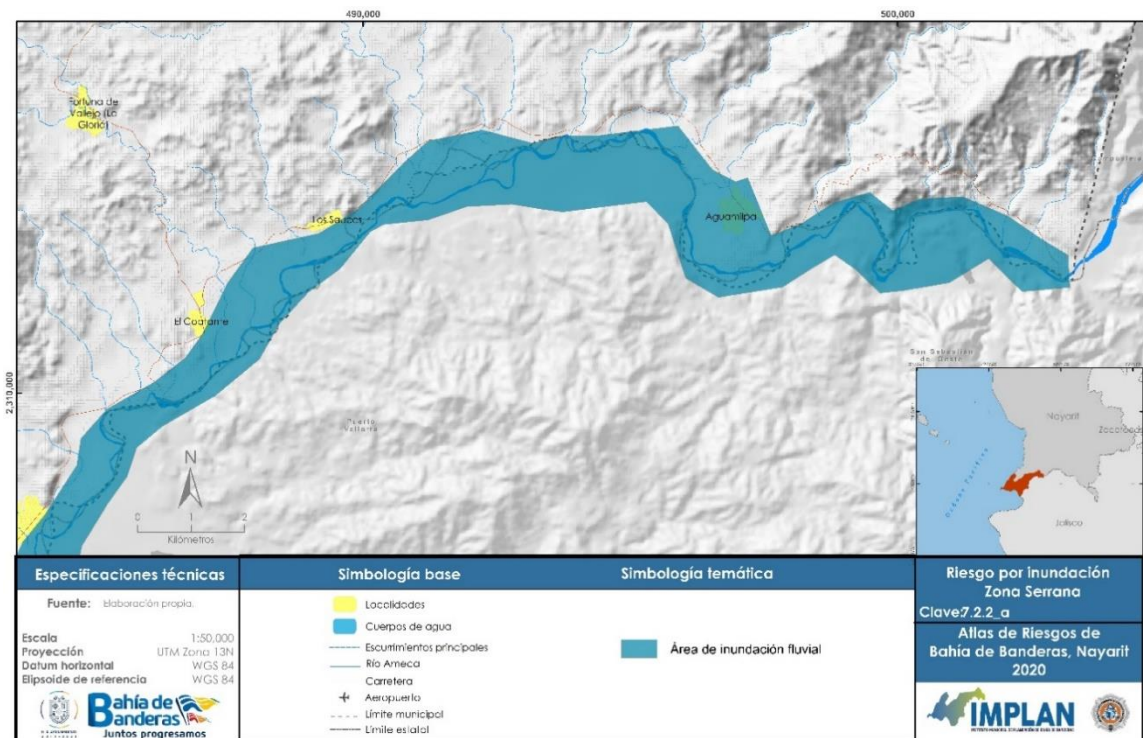
El gasto aplicado para el modelado es de 2,012.90 m<sup>3</sup>/s, correspondiente al tramo de la presa derivador las Gaviotas e iniciando en la estación 66+157.75 en el límite noreste del municipio de Bahía de Banderas, hasta la estación 8+632.65 aguas abajo, ubicada en la unión del afluente con el Río Mascota donde el gasto aumenta a 4,200 m<sup>3</sup>/s para el mismo periodo de retorno a 1,000 años. (GSR, 2019)

Mapa 42. Inundación del Río Ameca



Fuente: Elaboración propia del Instituto Municipal de Planeación.

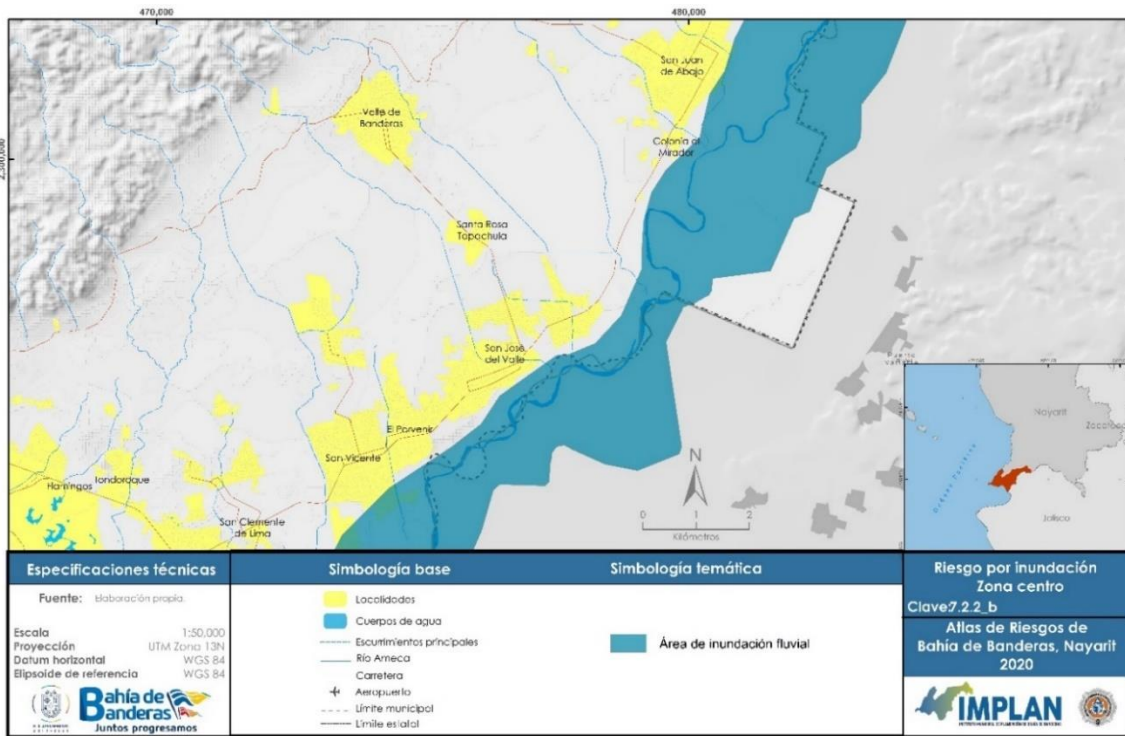
Mapa 43. Inundación por Río Ameca (zona serrana)



Fuente: Elaboración propia del Instituto Municipal de Planeación.

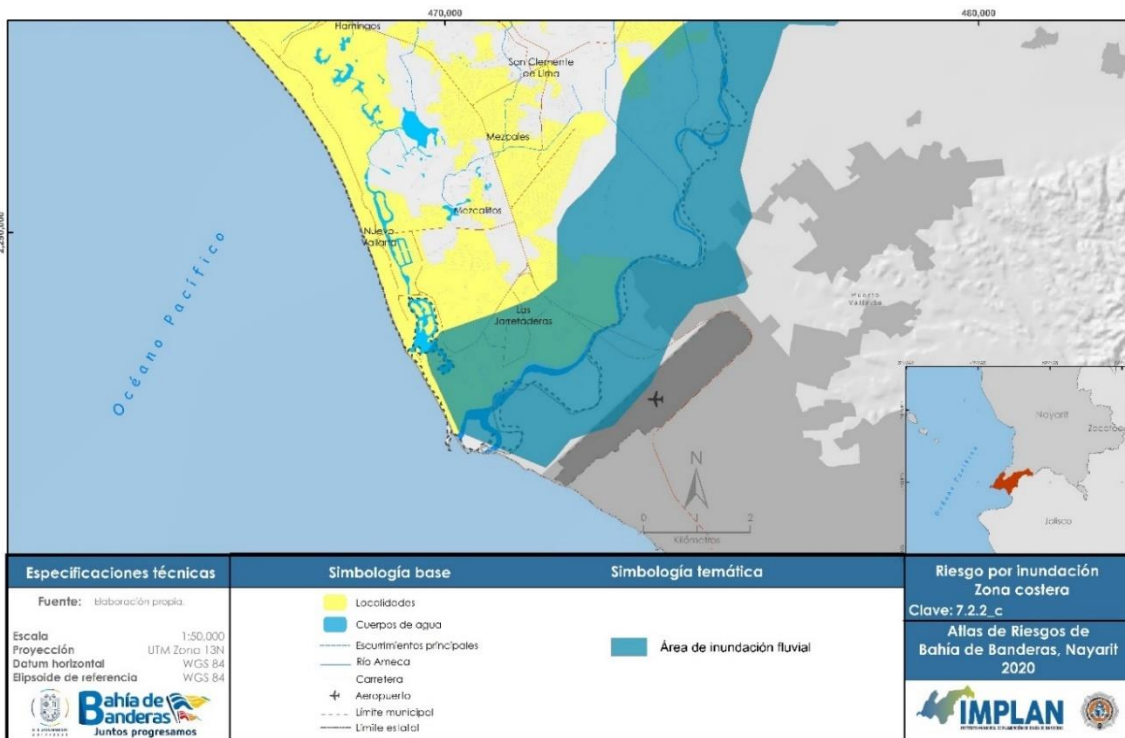


Mapa 44. Inundación por Río Ameca (zona centro)



Fuente: Elaboración propia del Instituto Municipal de Planeación.

Mapa 45. Inundación por Río Ameca (zona costera)



Fuente: Elaboración propia del Instituto Municipal de Planeación.



De los resultados antes indicados, son 11 las localidades que podrían resultar afectadas de las cuales Las Jarretaderas, San Vicente y Aguamilpa son las que cuentan con mayor cantidad de población (Cuadro 29 ).

Cuadro 29 . Localidades afectadas por el Río Ameca

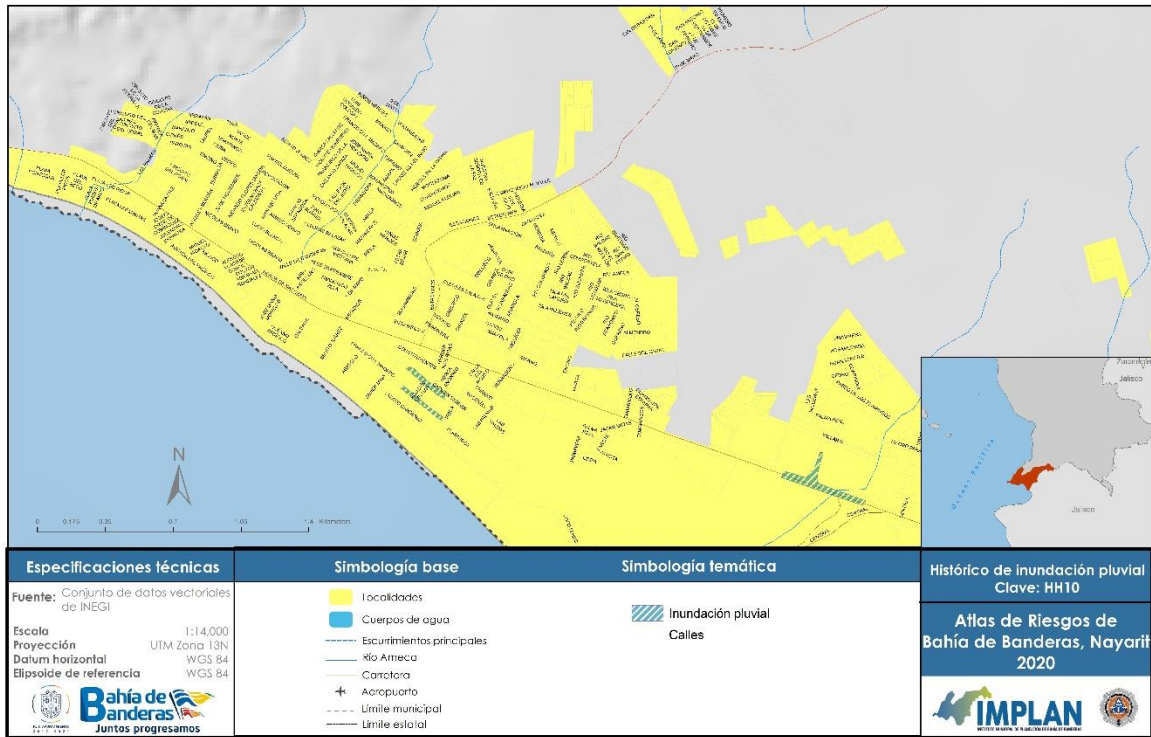
| <i>Zona Serrana</i> |                    | <i>Zona Centro</i> |                    |
|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Localidad           | Población afectada | Localidad          | Población afectada |
| El Ahuejote         | 28                 | San Juan de Abajo  | 430                |
| Aguamilpa           | 681                | San Vicente        | 2,046              |
| Rancho de Rejo      | 9                  |                    |                    |
| El Carrizo          | 25                 | <i>Zona Costa</i>  |                    |
| Los Sauces          | 28                 | Localidad          | Población afectada |
| El Coatante         | 36                 | Jarretaderas       | 5,607              |
| El Colomo           | 96                 | Las Ceibas         | 561                |

*Fuente: Elaboración propia del Instituto Municipal de Planeación.*

*Registro Histórico y susceptibilidad de riesgo por inundaciones pluviales en el municipio*

**Bucerías:** Se presentan inundaciones fluviales en los márgenes del arroyo del denominado El Indio, desde su desembocadura al océano Pacífico, hasta donde termina el área urbana aguas arriba a una distancia aproximada de 1.6 km (Mapa 46). Este arroyo genera daños y afectaciones a las propiedades, como hogares y comercios, debido a que el área urbana ha invadido su cauce y, por lo tanto, disminuye su área hidráulica. Una de las zonas más afectadas durante las precipitaciones es el cruce entre la carretera 200 donde se han dado inundaciones de hasta 1.20 m.

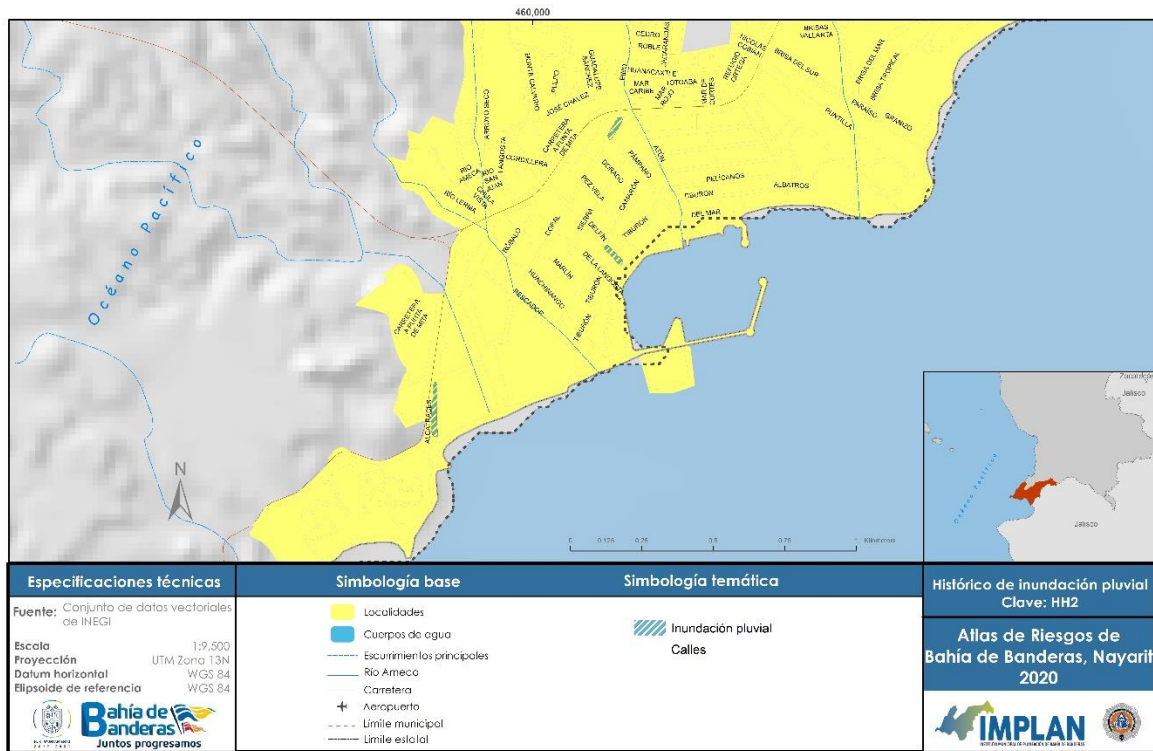
Mapa 46. Áreas de inundación en Bucerías



*Fuente: Elaboración propia con base en la información publicada en el Atlas de riesgos Naturales del Municipio de Bahía de Banderas, Nayarit 2012*

**La Cruz de Huanacastle:** presenta zonas de afectación por inundación fluvial a lo largo del arroyo el Caloso (Mapa 47), afectando casas habitación; este arroyo presenta una cantidad considerable de material sólido (basura y/o cascajo) provocando una disminución de su área hidráulica y, por lo tanto, una lenta evacuación del flujo fluvial hacia el litoral del océano pacífico. También existen inundaciones pluviales en algunas calles, esto debido a la invasión de cuerpos de agua o en algunos casos al mal estado de las vialidades.

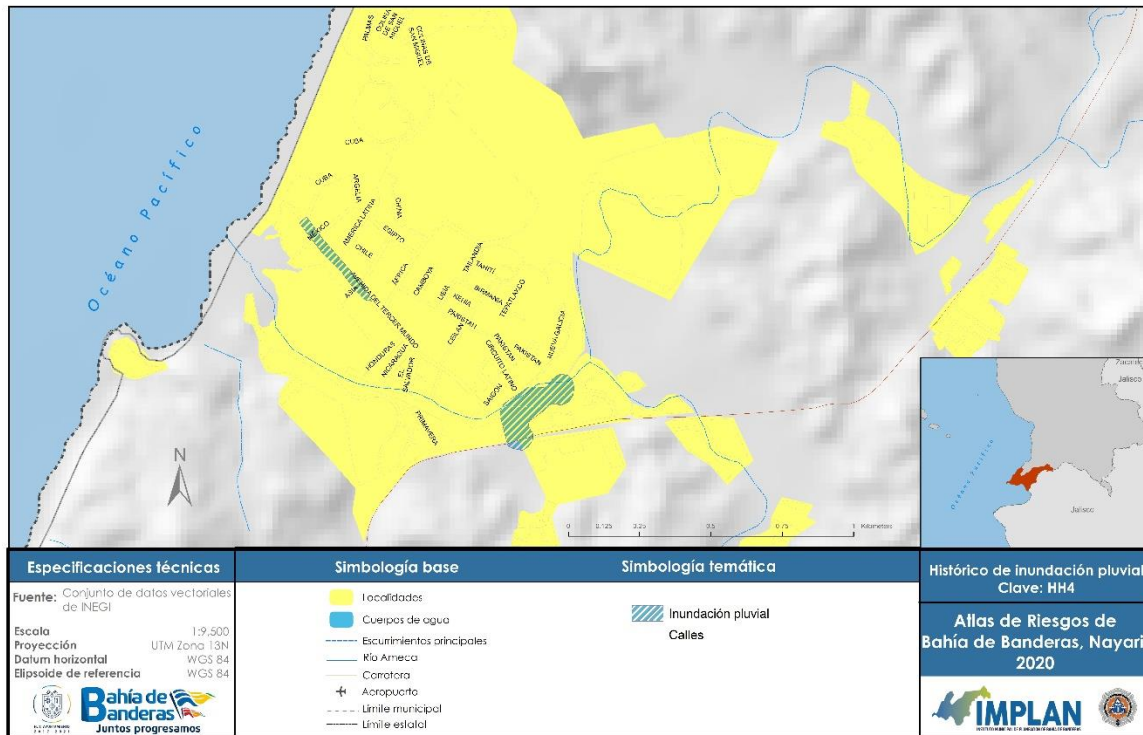
Mapa 47. Área de inundación en La Cruz de Huanacaxtle



*Fuente: Elaboración propia con base en la información publicada en el Atlas de riesgos Naturales del Municipio de Bahía de Banderas, Nayarit 2012.*

**San Francisco:** Presenta inundaciones pluviales en calles cuando existen eventos extraordinarios por un periodo corto de tiempo, esta localidad cuenta con un escurrimiento al este, donde se bifurca cerca de la carretera 200 en dos escurrimientos denominados Charco Hondo y Las Calabazas (Mapa 48). En una avenida extraordinaria, ocurrida en septiembre de 2010, estos arroyos arrastraron material (tierra, basura, vegetación, entre otros) que colapsó el puente de la avenida del Tercer Mundo, se azolvó y creó inundación en las zonas marginales del arroyo, que ocasionó daños a casas habitación y comercios (AR, 2012).

Mapa 48. Área de inundación en San Francisco



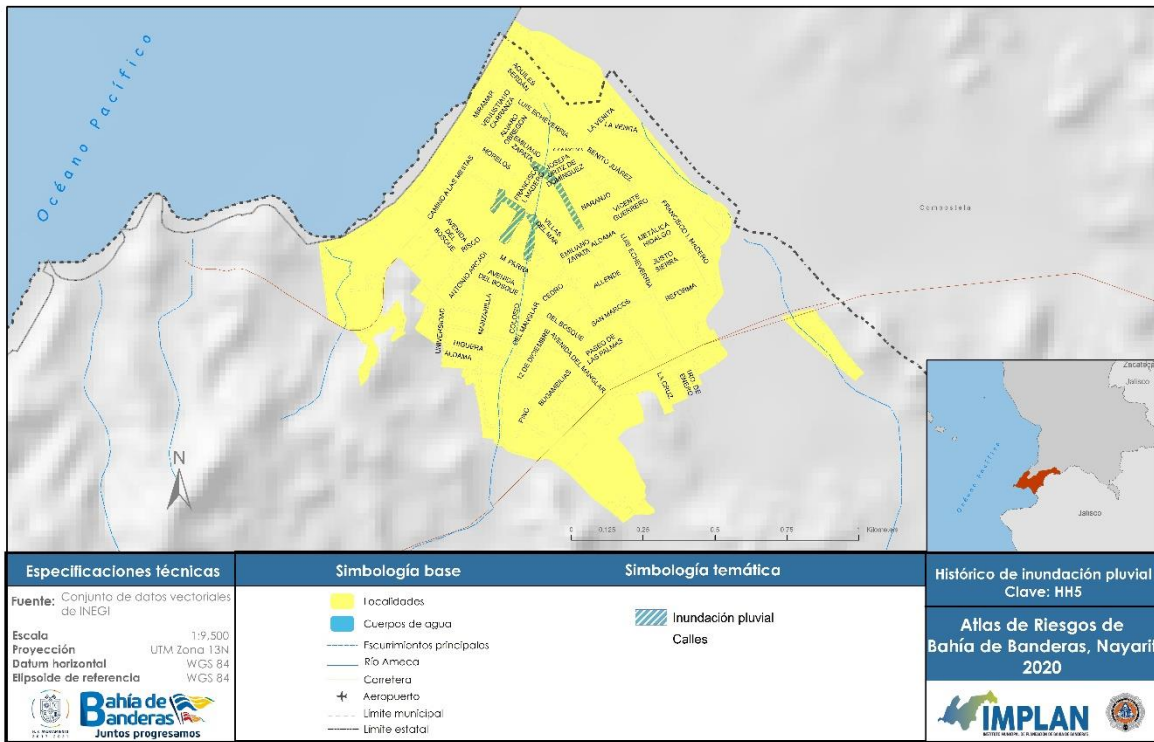
*Fuente: Elaboración propia con base en la información publicada en el Atlas de riesgos Naturales del Municipio de Bahía de Banderas, Nayarit 2012.*

**Lo de Marcos:** las áreas de inundación que se presentan son por tres principales causas; la primera, por la invasión y modificación de los escurrimientos por las áreas urbanas, como es la calle del Bosque, que antes de ser realizada era un Arroyo, denominado el Panteón, la inundación que genera alcanza niveles de 1 m durante eventos de precipitación extraordinarios.

La segunda, se debe a la construcción en zonas bajas sin generar rellenos para nivelarse con las demás vialidades, como es el caso de la calle Allende y Fco. I Madero, donde se presentan encharcamientos con un máximo de 30 cm de profundidad (AR, 2012).

Y una tercera, por falta de mantenimiento y desazolve de los escurrimientos como es el caso del río denominado Lo de Marcos, que al subir sus niveles se desbordó y afectó a una gasolinera en la carretera federal 200, y las colonias Flores Magón y El Calvario (Mapa 49).

Mapa 49. Área de inundación en Lo de Marcos

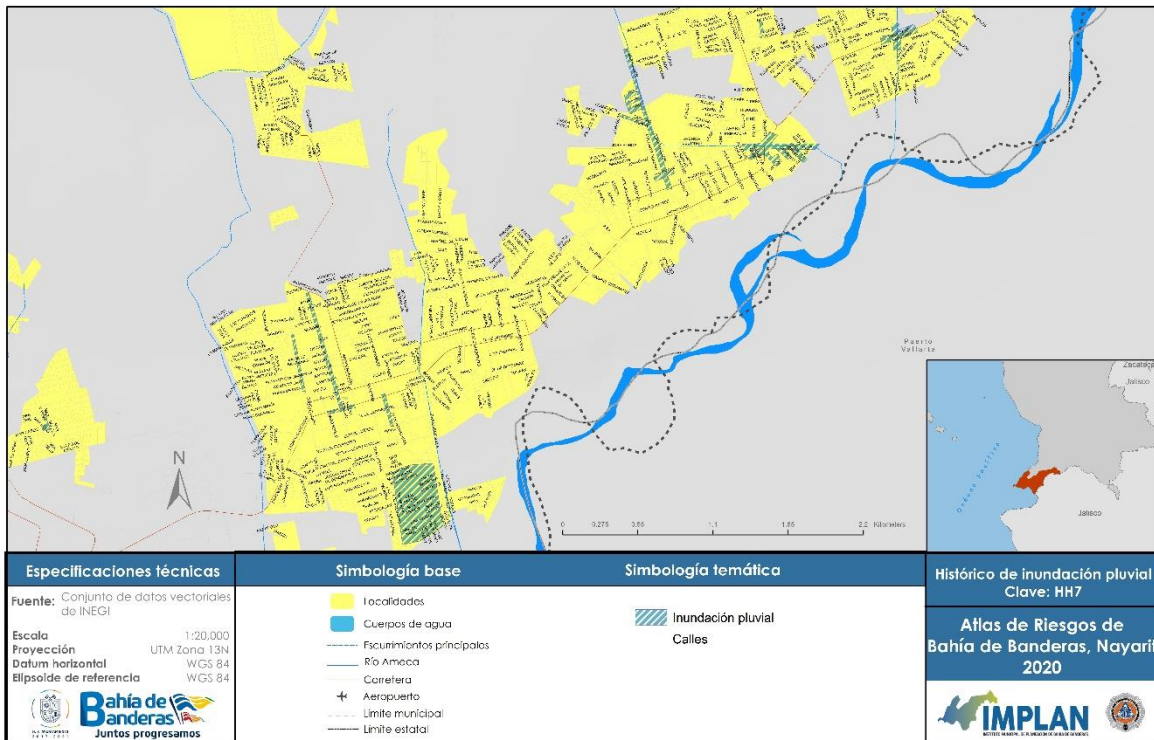


*Fuente: Elaboración propia con base en la información publicada en el Atlas de riesgos Naturales del Municipio de Bahía de Banderas, Nayarit 2012.*

**San José del Valle:** Esta localidad presenta afectación por inundación pluvial que no alcanza profundidades mayores a 40 cm (Mapa 50), las cuales son: al NW de la avenida Constitución norte con calle 7 del INFONAVIT; la otra al SW en la misma avenida Constitución con calles Campeche y Yucatán; y al NE el cruce entre la avenida Michoacán y calle San Pablo, donde confluyen varias calles y, además es un entronque muy importante de comunicación del municipio (AR, 2012).



Mapa 50. Área de inundación en San José del Valle

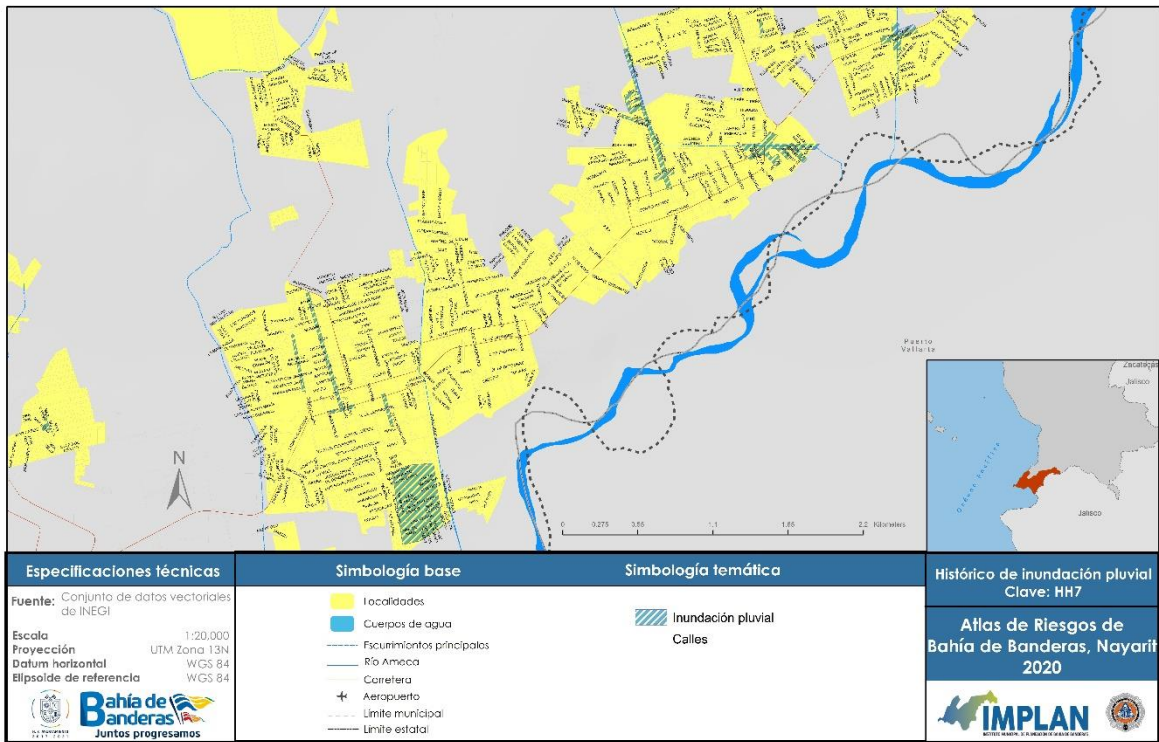


*Fuente: Elaboración propia con base en la información publicada en el Atlas de riesgos Naturales del Municipio de Bahía de Banderas, Nayarit 2012*

**San Vicente:** en la avenida Hidalgo hasta la avenida Lázaro Cárdenas con una distancia aproximada de 220 m se presenta en temporadas de lluvia una cantidad considerable de agua escurriendo superficialmente (Mapa 51), llegando a tener una profundidad de 50 cm, causando daños a comercios, casas habitación y, sobre todo, desviando el tránsito vehicular (AR, 2012).

La inundación generada es principalmente por una mala planeación de las calles, ya que estas deberían desalojar el agua pluvial por diferentes salidas y no usar una sola vialidad para su desalojo. Las aguas pluviales que se presentan se dirigen a la colonia denominada “San Vicente del Mar”, que al no contar con un sistema pluvial y no aprovechar el canal pluvial que se presenta al este de la localidad de San Vicente, ésta se ve afectada.

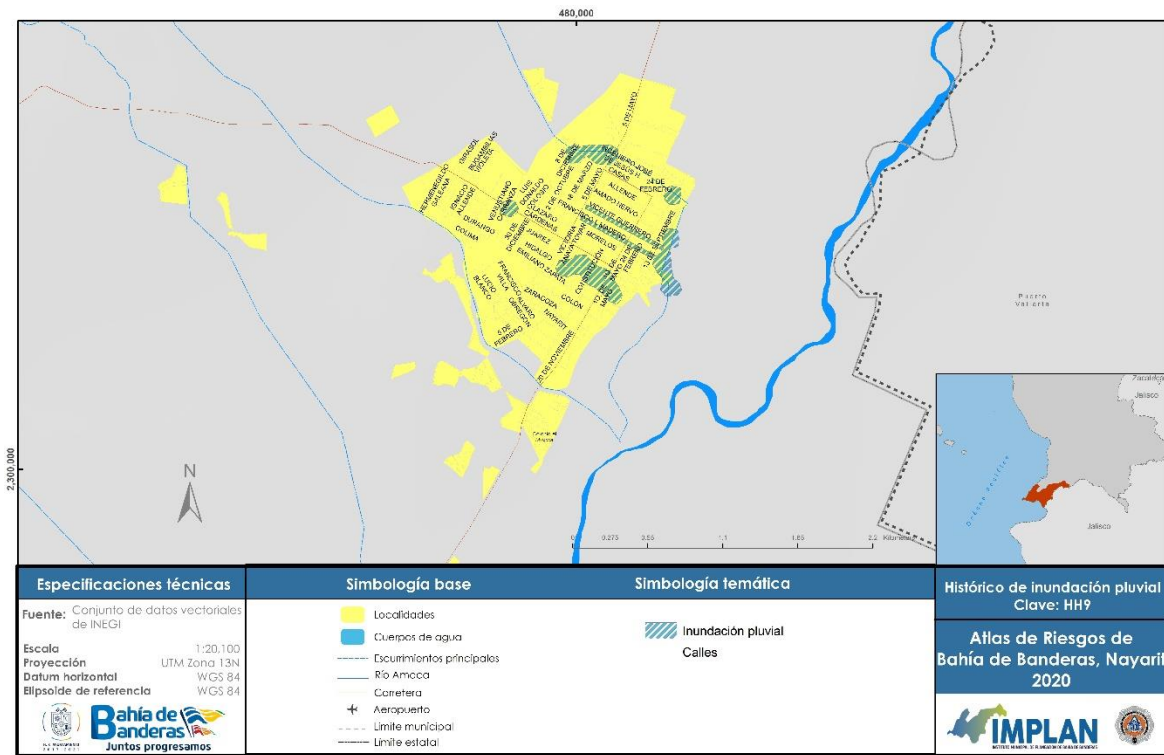
Mapa 51. Área de inundación en San Vicente



*Fuente: Elaboración propia con base en la información publicada en el Atlas de riesgos Naturales del Municipio de Bahía de Banderas, Nayarit 2012.*

**San Juan de Abajo:** Presenta áreas propensas a inundarse, el área que se localiza en el centro-sur ocupa casi 10 manzanas (entre avenida Lázaro Cárdenas y calle Hidalgo) afectando a comercios y casas habitación. El espejo que se forma en esa área no es de profundidad mayor a 70 cm y su tiempo de permanencia es muy bajo. En el área norte (entre las calles 5 de mayo y 8 de diciembre), la inundación presentada también es somera con una profundidad máxima de 50 cm y afecta pocas casas, las dos pequeñas son más espejos de calles y no sobrepasan los 20 cm de agua. Por su parte, la zona este es donde drenan los encharcamientos de las avenidas Vicente Guerrero y Madero y afecta a pocas casas al final de las avenidas, aun así, es recurrente y cada vez que hay lluvias fuertes el agua tiende a acumularse en estas zonas (Mapa 52) (AR, 2012).

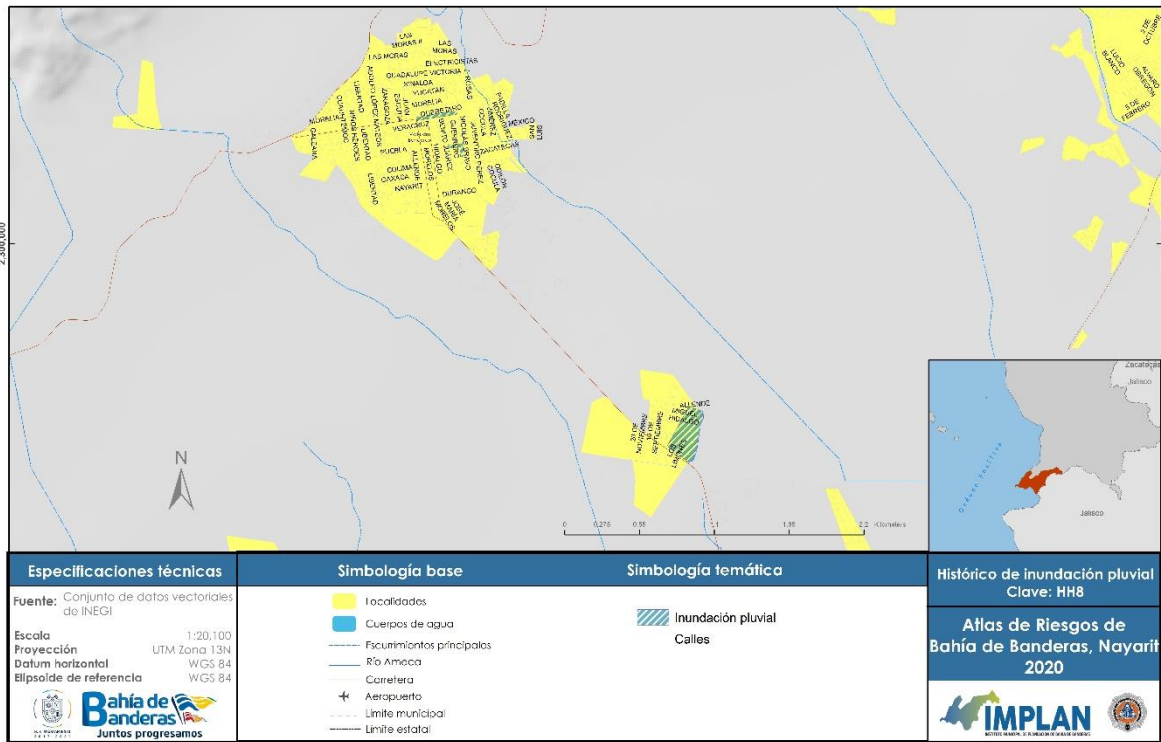
Mapa 52. Área de inundación de San Juan de Abajo



*Fuente: Elaboración propia con base en la información publicada en el Atlas de riesgos Naturales del Municipio de Bahía de Banderas, Nayarit 2012.*

**Valle de Banderas:** El principal generador de inundaciones en la localidad de Valle Banderas, es el arroyo La Sierra (Mapa 53), cruza por la parte noreste de la cabecera municipal, solo se han presentado algunas inundaciones durante precipitaciones atípicas y por el azolve que se acumula, han afectado algunas casas habitación de las calles de Zacatecas y Colima, así como el puente de la calle Morelia, sin embargo, no se puede desestimar que algún día podría traer una mayor carga de agua recogida en la sierra de Vallejo que es donde se origina, además con el desarrollo urbano que presenta la localidad, no está de más considerar su factor de peligro cuando se autoricen más asentamientos en esas áreas de la población (AR, 2012).

Mapa 53. Área de inundación de Valle de Banderas

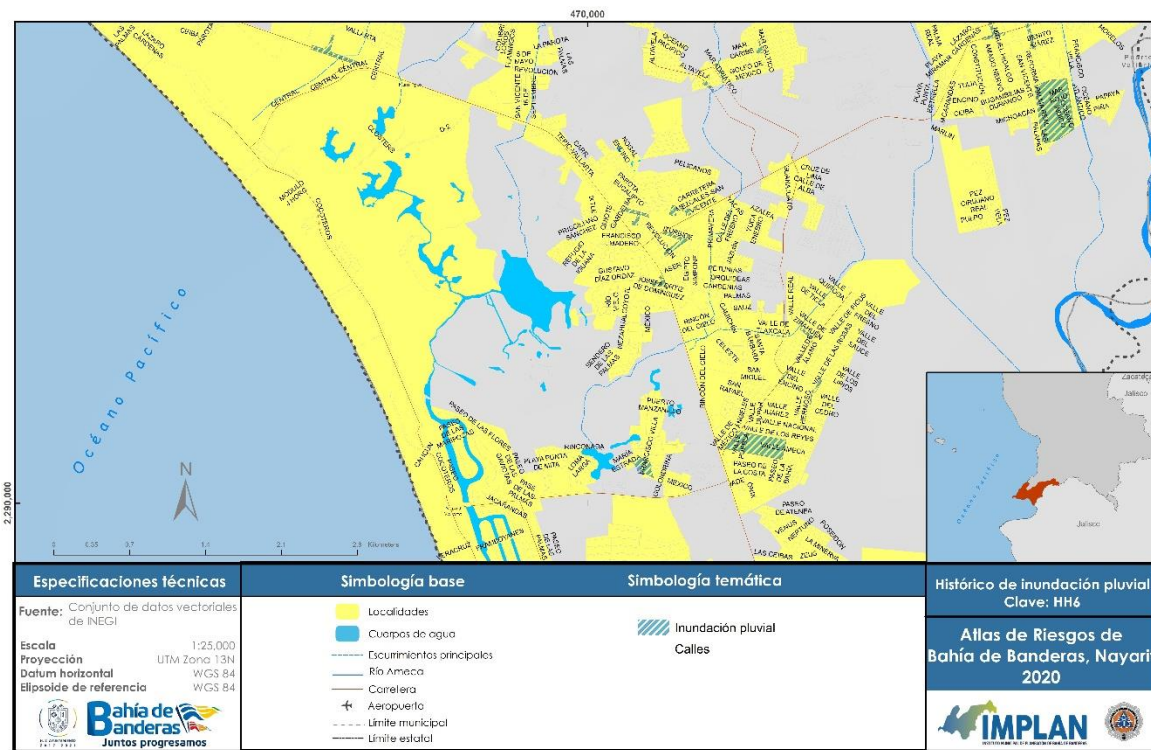


Fuente: Elaboración propia con base en la información publicada en el Atlas de riesgos Naturales del Municipio de Bahía de Banderas, Nayarit 2012.

**Valle Dorado - Mezcales:** En esta zona de reciente creación, la parte más afectada y de manera recurrente durante la temporada de lluvias es la colonia Valle Dorado, donde se han presentado casi cada año desde su creación, inundaciones someras (no más de 90 cm de profundidad) pero con una extensión de afectación de más de 58,000 m<sup>2</sup> (Mapa 54), afectando a más de 300 viviendas, además del peligro latente de desbordamiento de los canales de regulación que traen agua desde las partes más altas del valle, y que cruzan por la mitad esta zona, afecta aproximadamente a más del doble de las zonas mencionadas (AR, 2012).



Mapa 54. Área de inundación en Valle Dorado, Mezcales

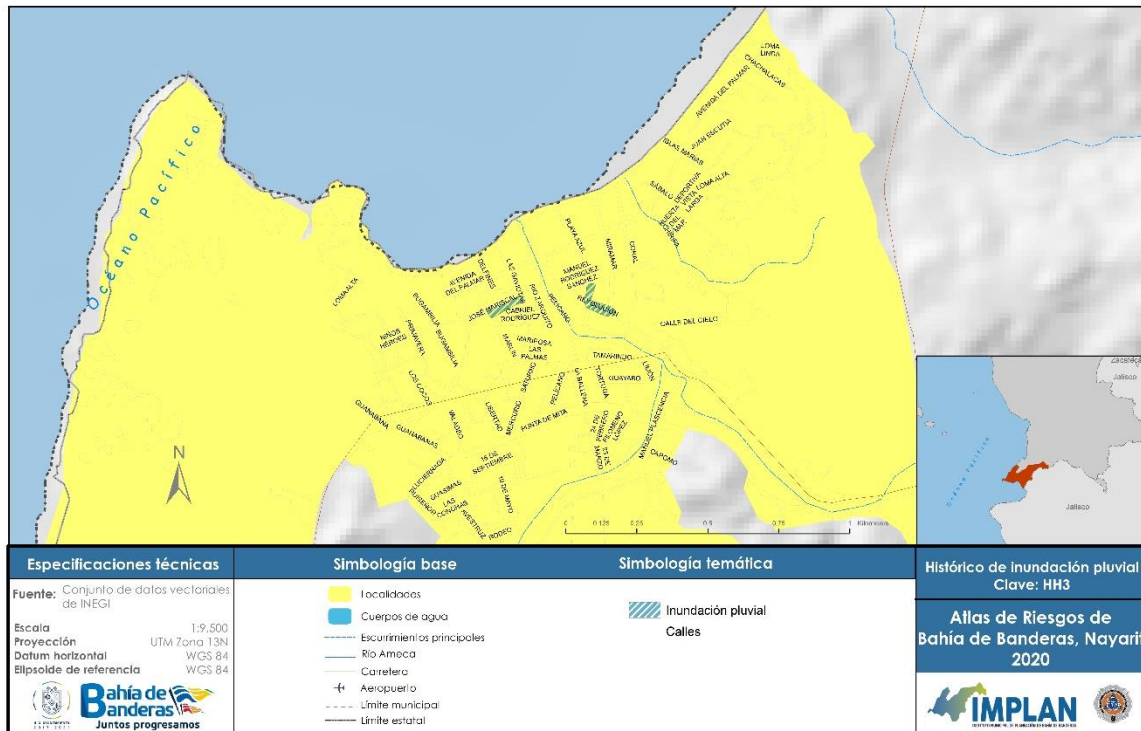


*Fuente: Elaboración propia con base en la información publicada en el Atlas de riesgos Naturales del Municipio de Bahía de Banderas, Nayarit 2012.*

**Sayulita:** Al Igual que San Francisco, Sayulita tiene dos arroyos que se unen para desembocar, pero en este caso sí cruzan su área urbana, los arroyos Sayulita y Las Piñas se unen en la parte este de la localidad y ambos forman una sola desembocadura. Existen datos históricos de afectación por parte de ambos en caso de lluvias fuertes (septiembre del 2010) y que han arrastrado material que colapsó el puente de la avenida Revolución, dañó casas habitación y provocó inundaciones en las zonas marginales (Mapa 55) (AR, 2012).



Mapa 55. Área de inundación en Sayulita



*Fuente: Elaboración propia con base en la información publicada en el Atlas de riesgos Naturales del Municipio de Bahía de Banderas, Nayarit 2012.*

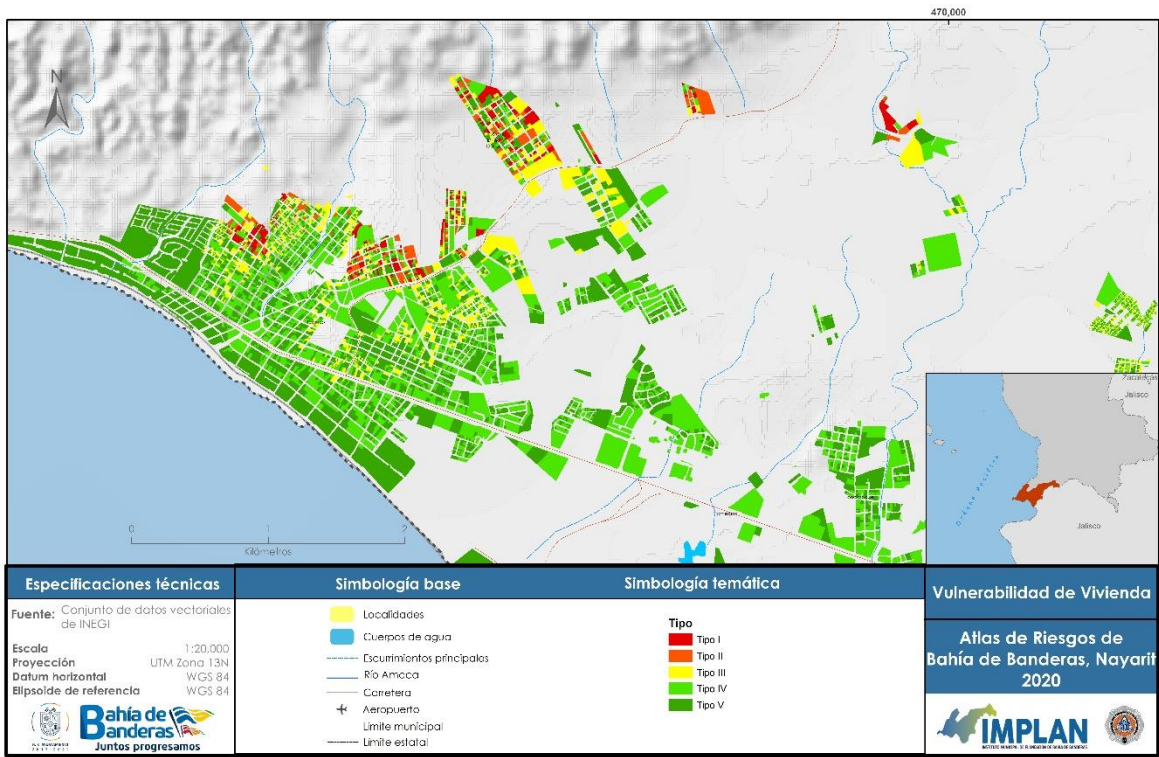
A partir de la información proporcionada en los talleres de planeación participativa (2019), se estima que, en caso de ocurrir las inundaciones pluviales antes descritas en un mismo evento, podrían afectarse más de 22 mil personas y 465 pequeños comercios; por otra parte, las inundaciones fluviales en áreas ocupadas por la población, podrían afectar a 6,480 habitantes y ocasionar daños en más de 200 comercios distribuidos en todo el municipio.

Con base en lo mencionado anteriormente, se estima que el peligro por dicho fenómeno es moderado, debido a la cantidad de eventos registrados en el municipio, que se presentan en lapsos cortos, y a los daños que han generado dichos eventos en las vidas humanas y en la infraestructura. Además, se estima que el cambio de frecuencia e intensidad irá en aumento, gran parte a causa del cambio climático.

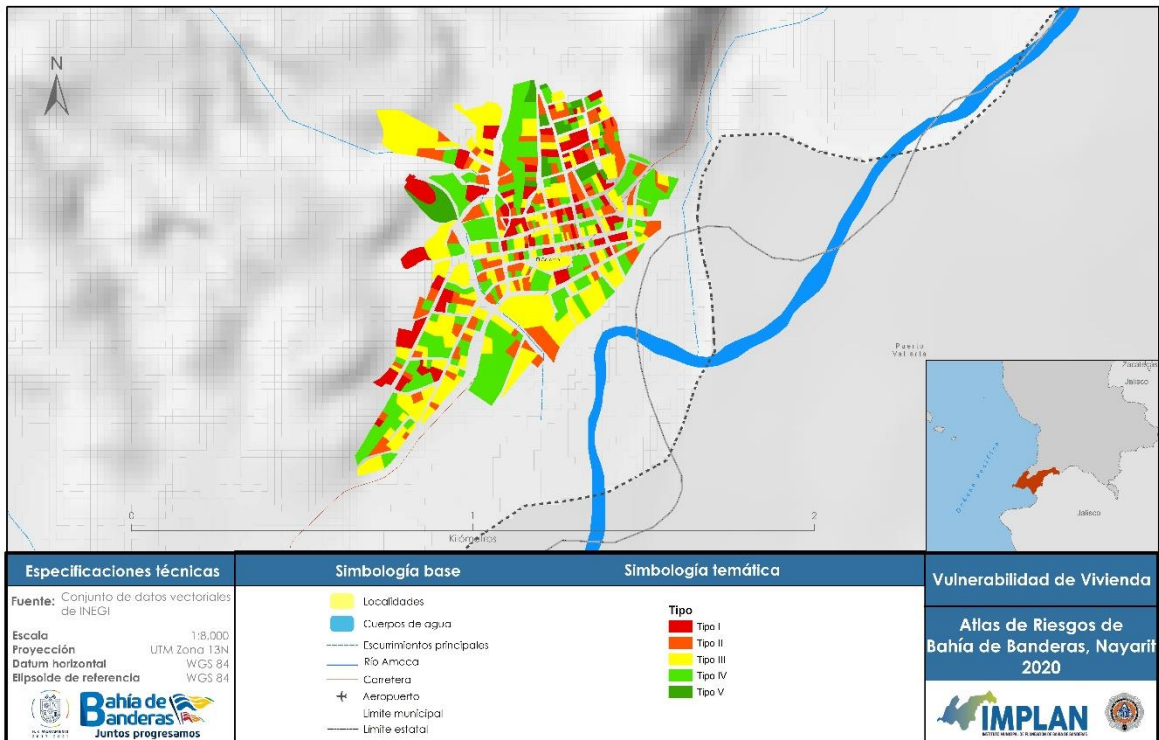
#### *Vulnerabilidad de vivienda por inundaciones pluviales y fluviales*

Los mapas de vulnerabilidad fueron realizados a partir de la información obtenida del levantamiento de las características físicas en campo y con información del vuelo fotogramétrico realizado en el año 2019 por el municipio de Bahía de Banderas, ver documento “Tomo III Anexo I.

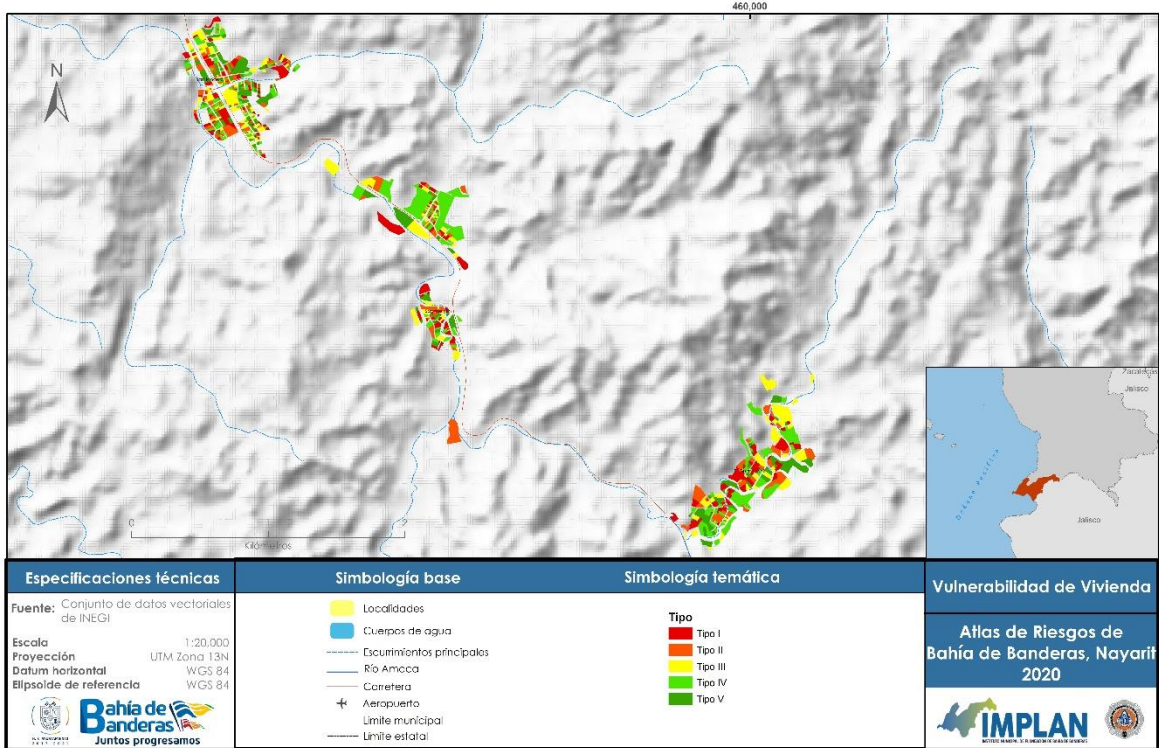
Mapa 56. Vulnerabilidad por tipología de vivienda, Bucerías



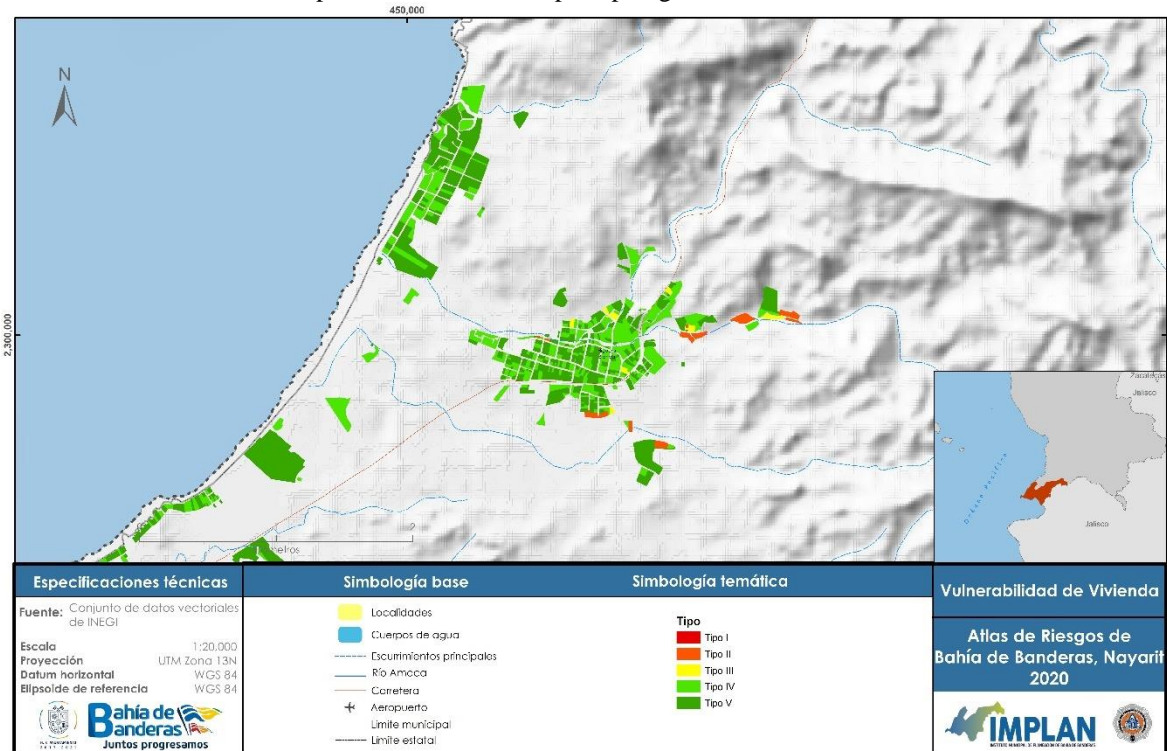
Mapa 57. Vulnerabilidad por tipología de vivienda, El Colomo



Mapa 58. Vulnerabilidad por tipología de vivienda, Los Sauces y Fortuna de Vallejo

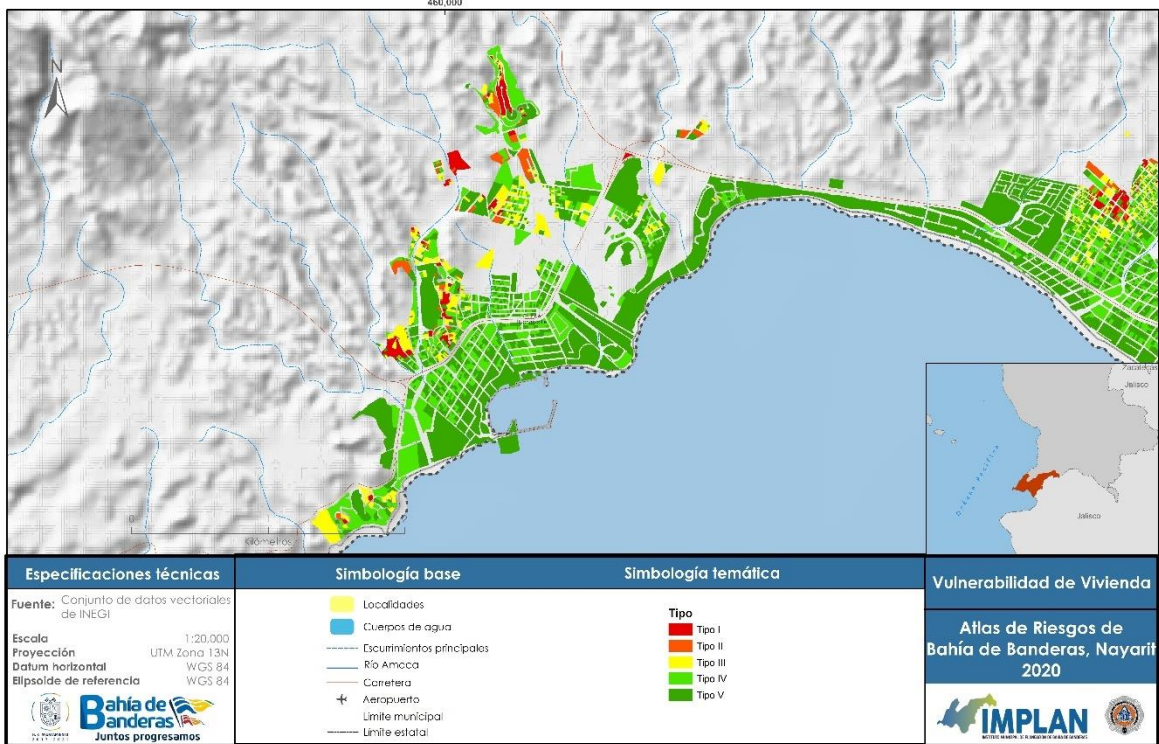


Mapa 59. Vulnerabilidad por tipología de vivienda, Litibú

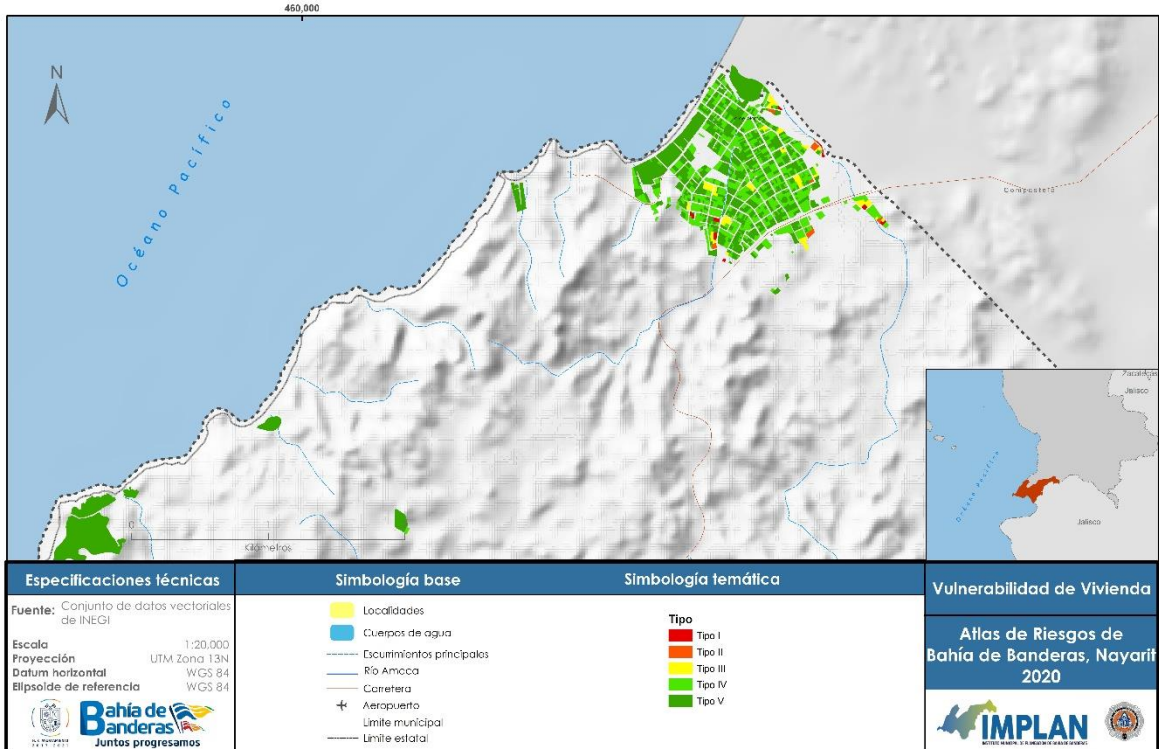




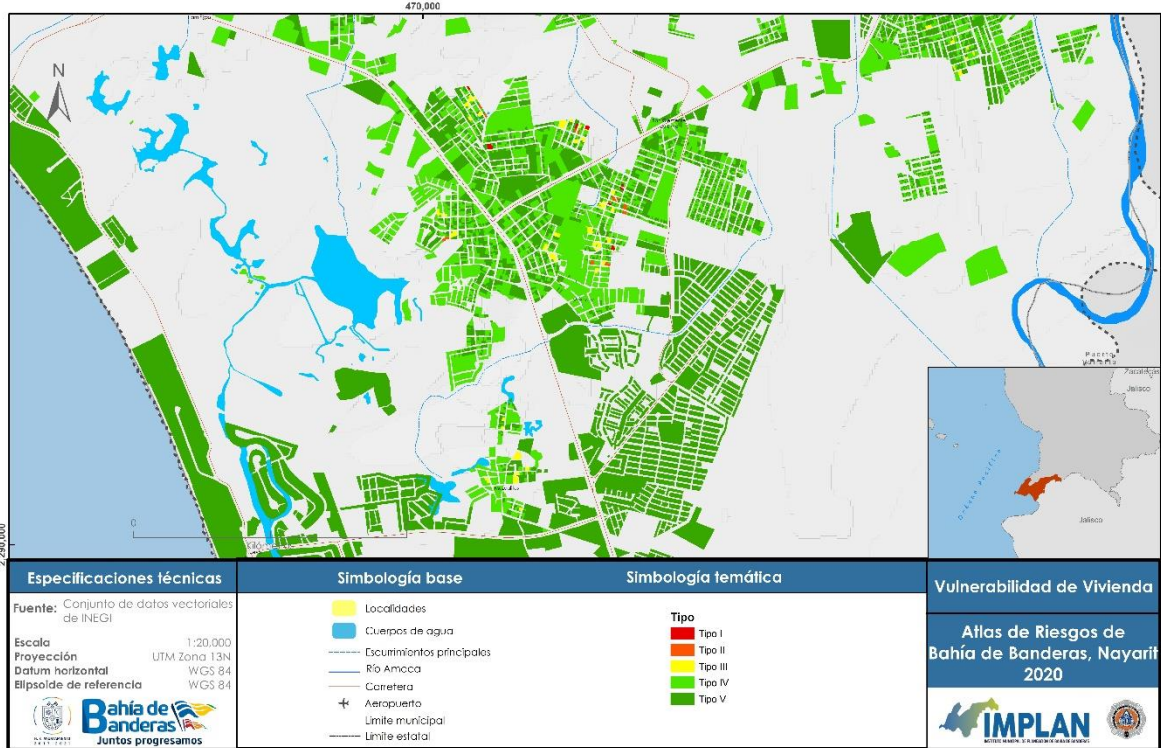
Mapa 60. Vulnerabilidad por tipología de vivienda, La Cruz de Huanacastle



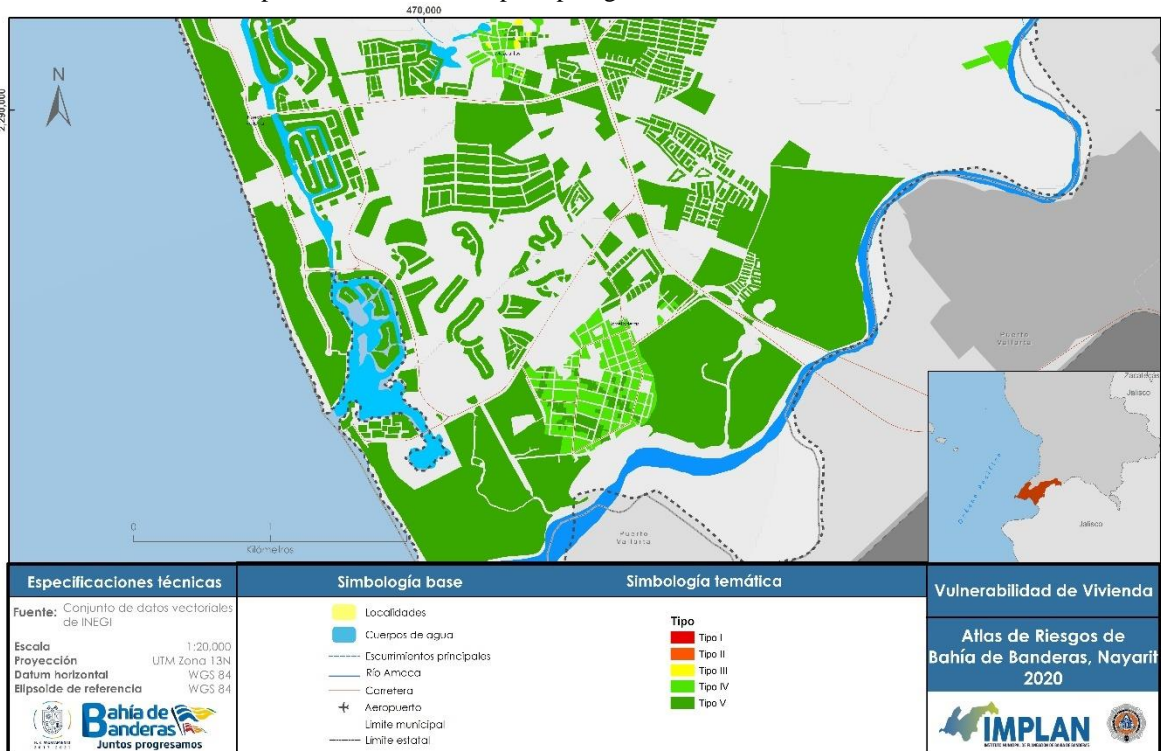
Mapa 61. Vulnerabilidad por tipología de vivienda, Lo de Marcos



Mapa 62. Vulnerabilidad por tipología de vivienda, Mezcales

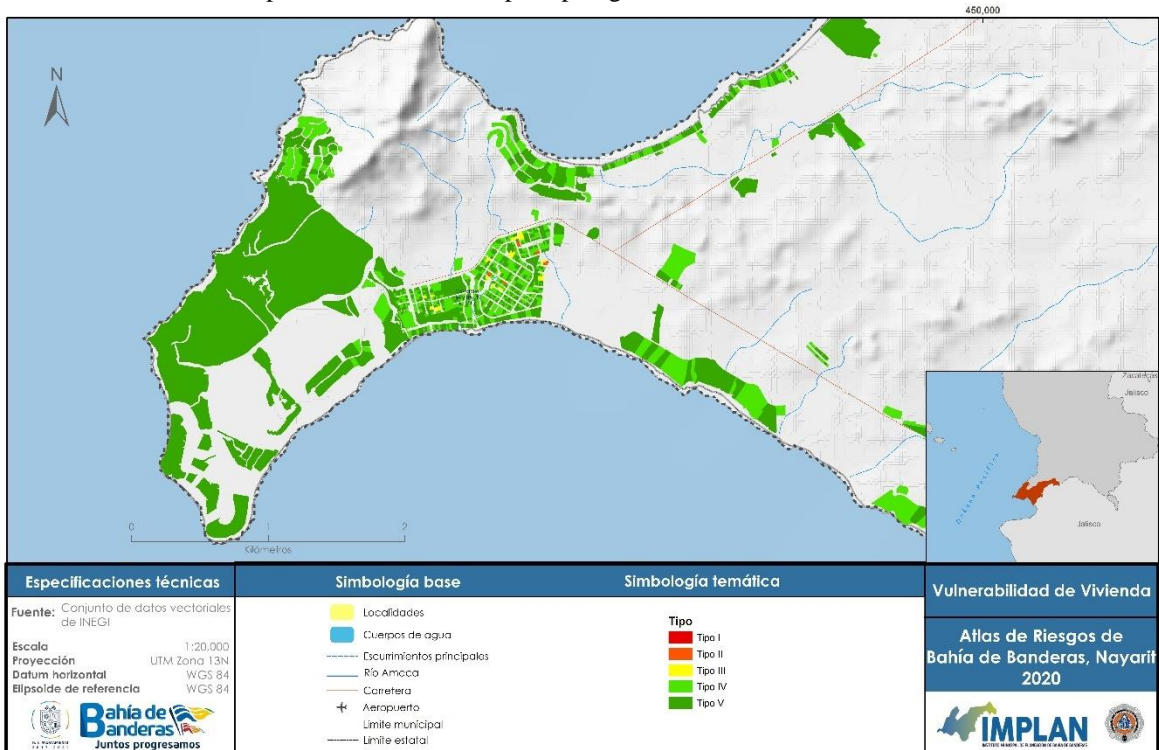


Mapa 63. Vulnerabilidad por tipología de vivienda, Nuevo Vallarta

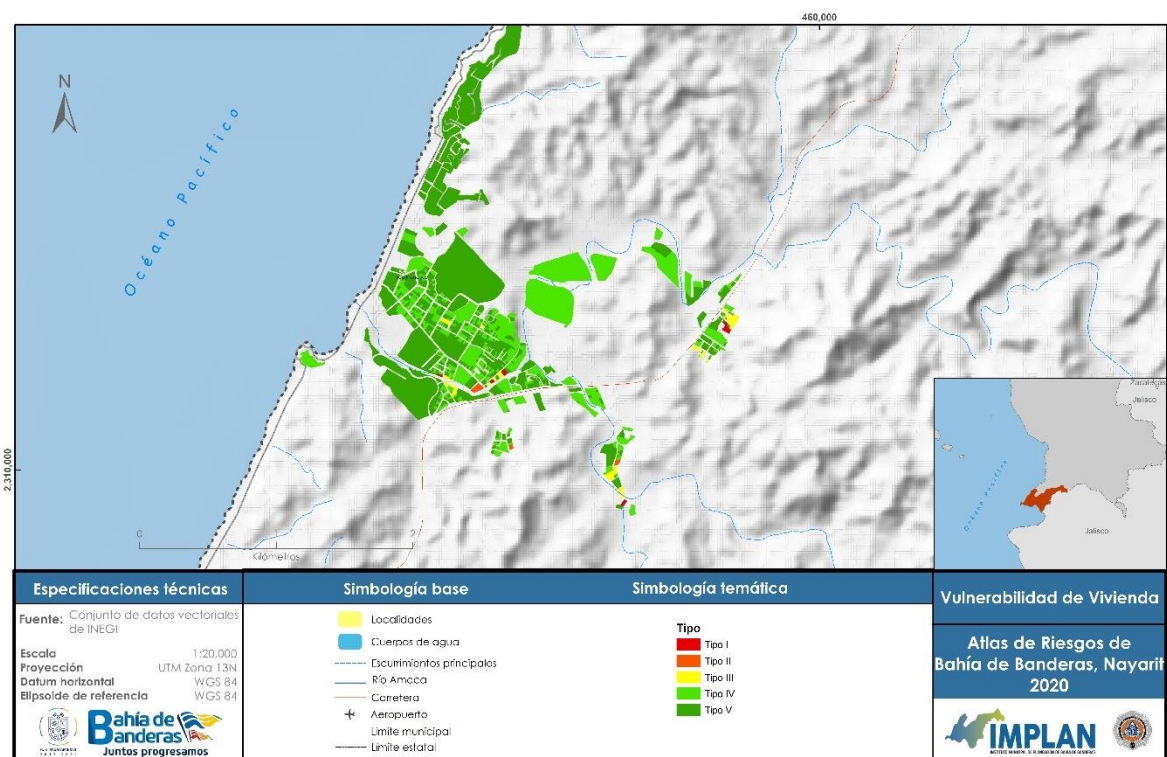




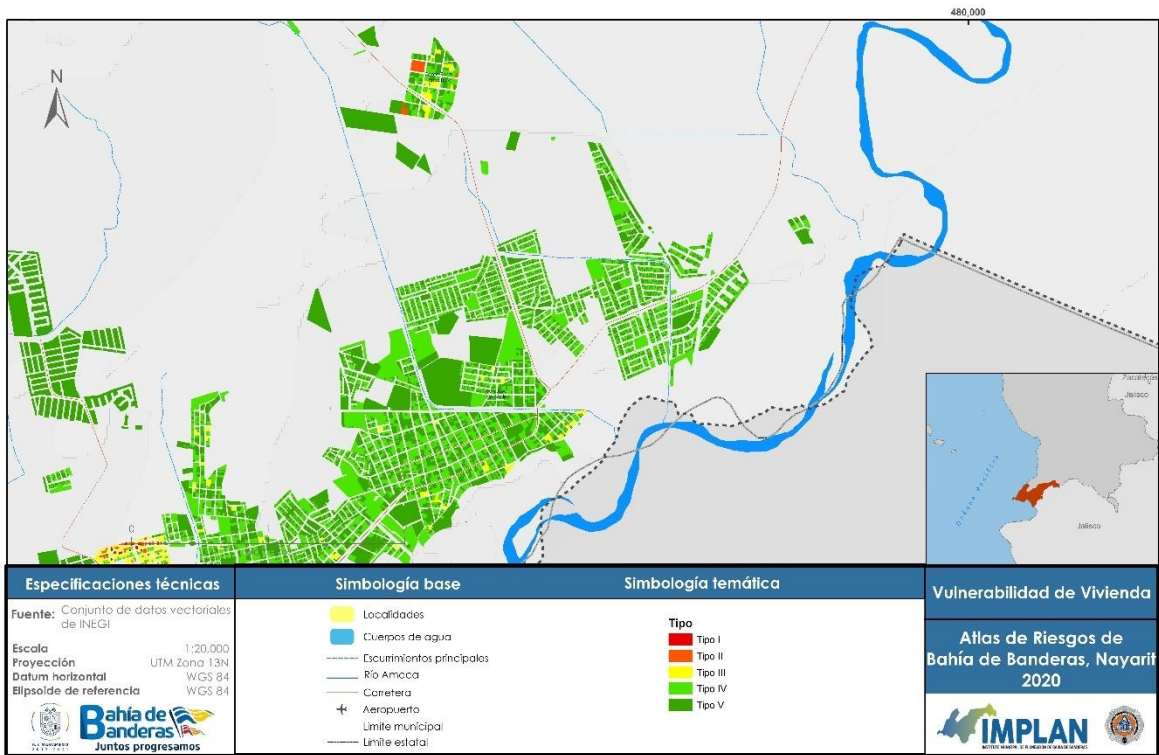
Mapa 64. Vulnerabilidad por tipología de vivienda, Punta de Mita



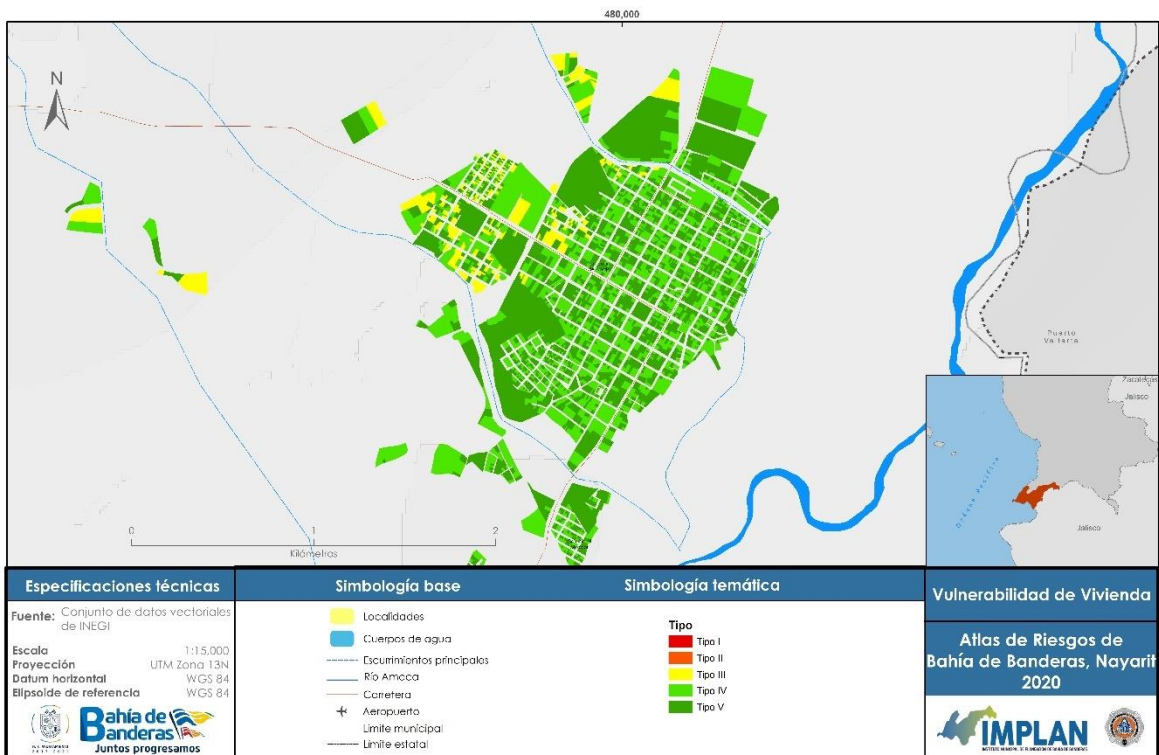
Mapa 65. Vulnerabilidad por tipología de vivienda, San Francisco



Mapa 66. Vulnerabilidad por tipología de vivienda, San José

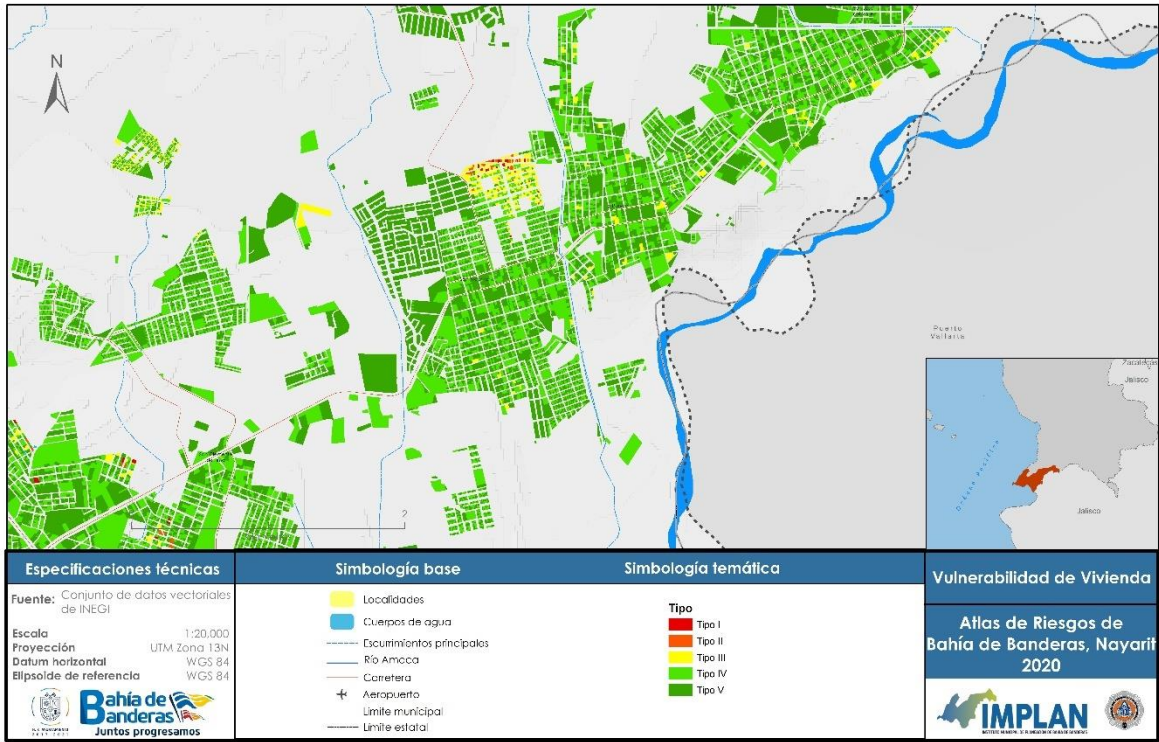


Mapa 67. Vulnerabilidad por tipología de vivienda, San Juan

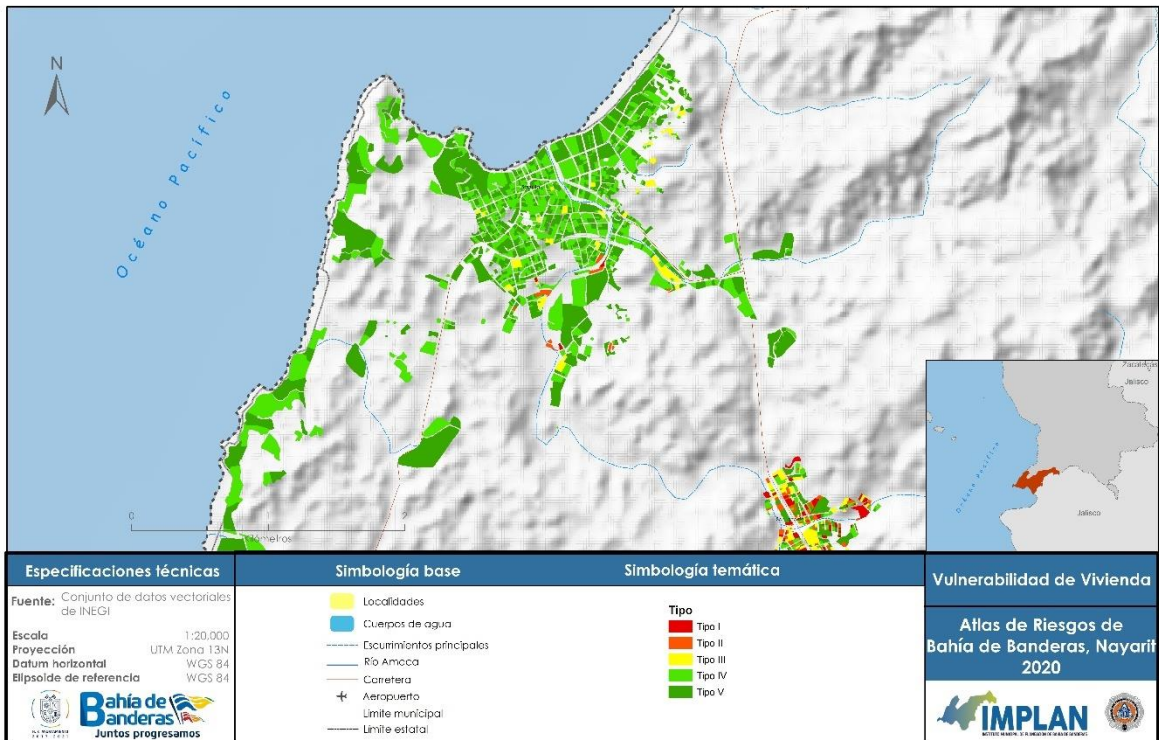




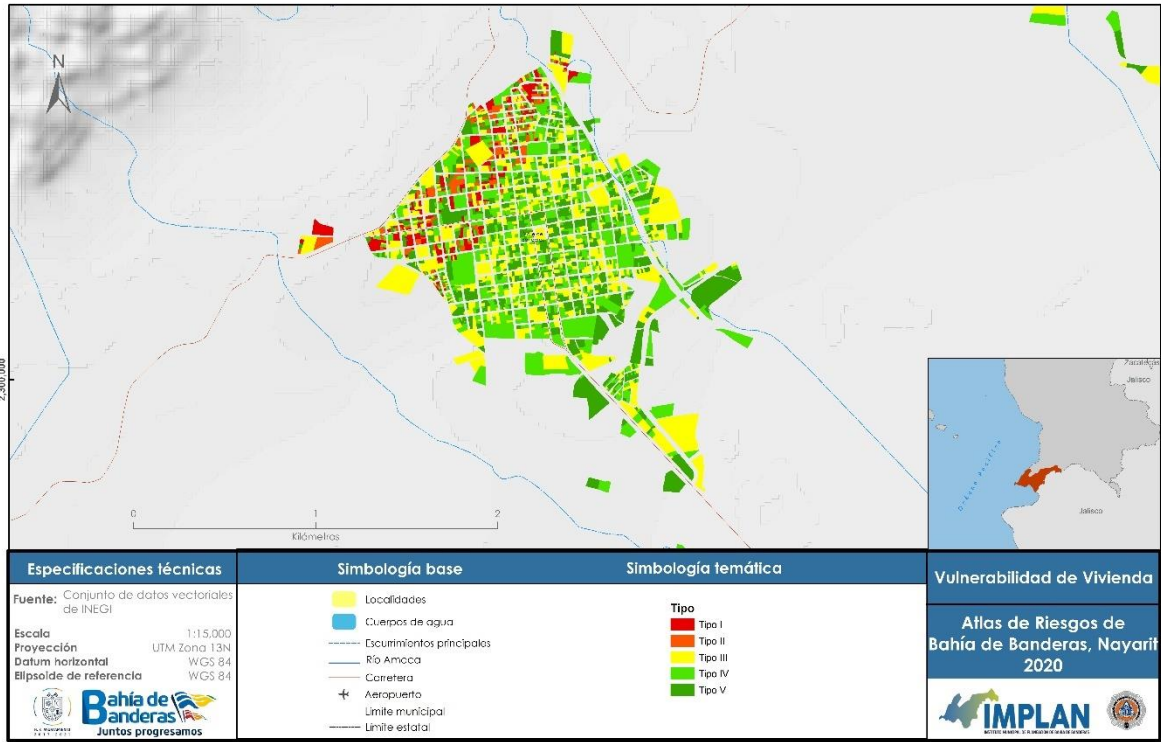
Mapa 68. Vulnerabilidad por tipología de vivienda, San Vicente



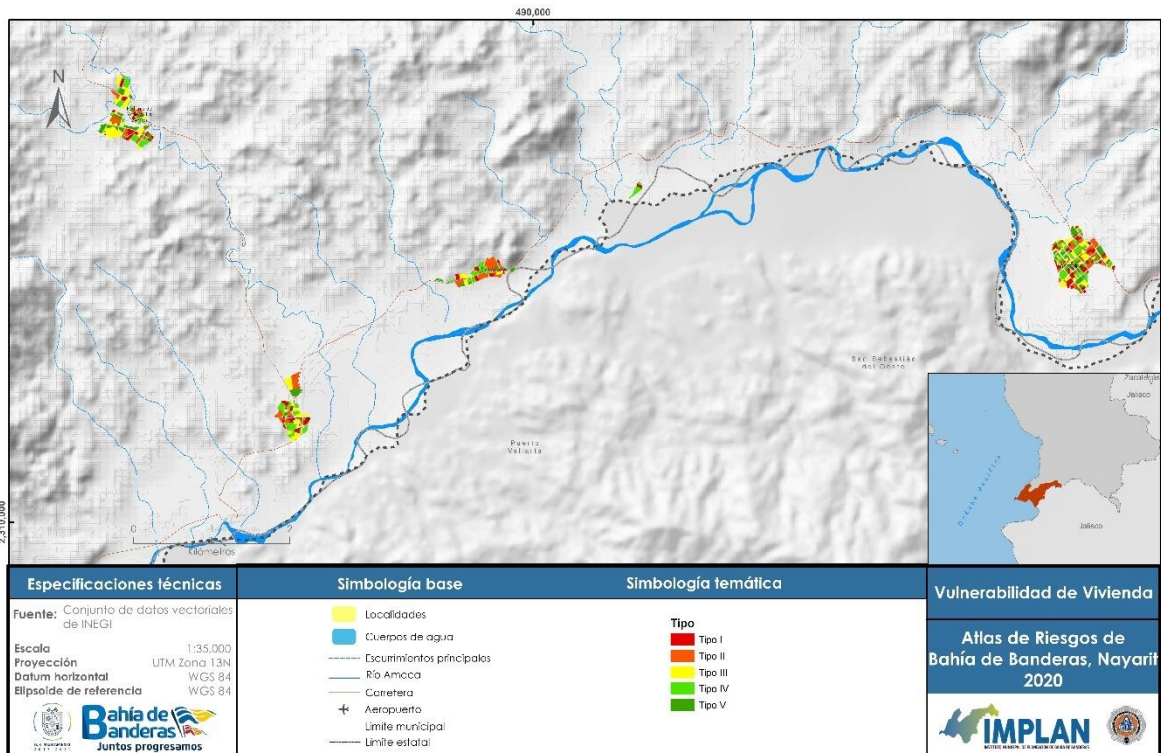
Mapa 69. Vulnerabilidad por tipología de vivienda, Sayulita



Mapa 70. Vulnerabilidad por tipología de vivienda, Valle de Banderas



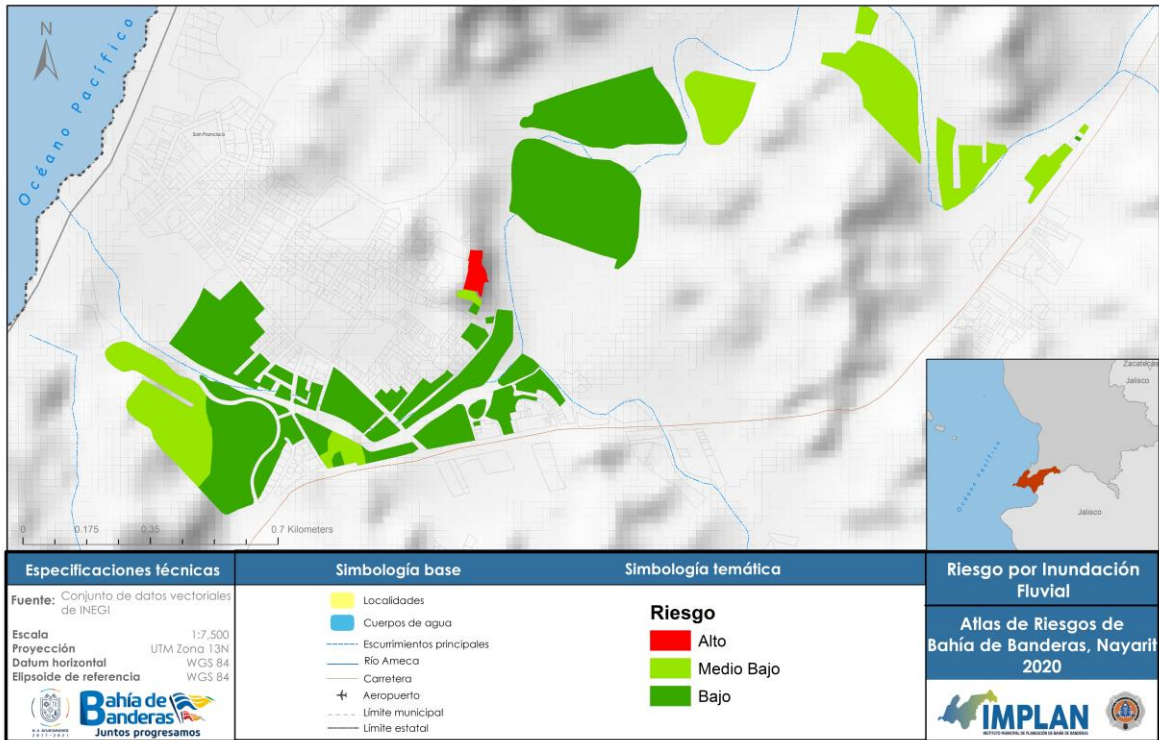
Mapa 71. Vulnerabilidad por tipología de vivienda, Sierra



Riesgo por inundación fluvial

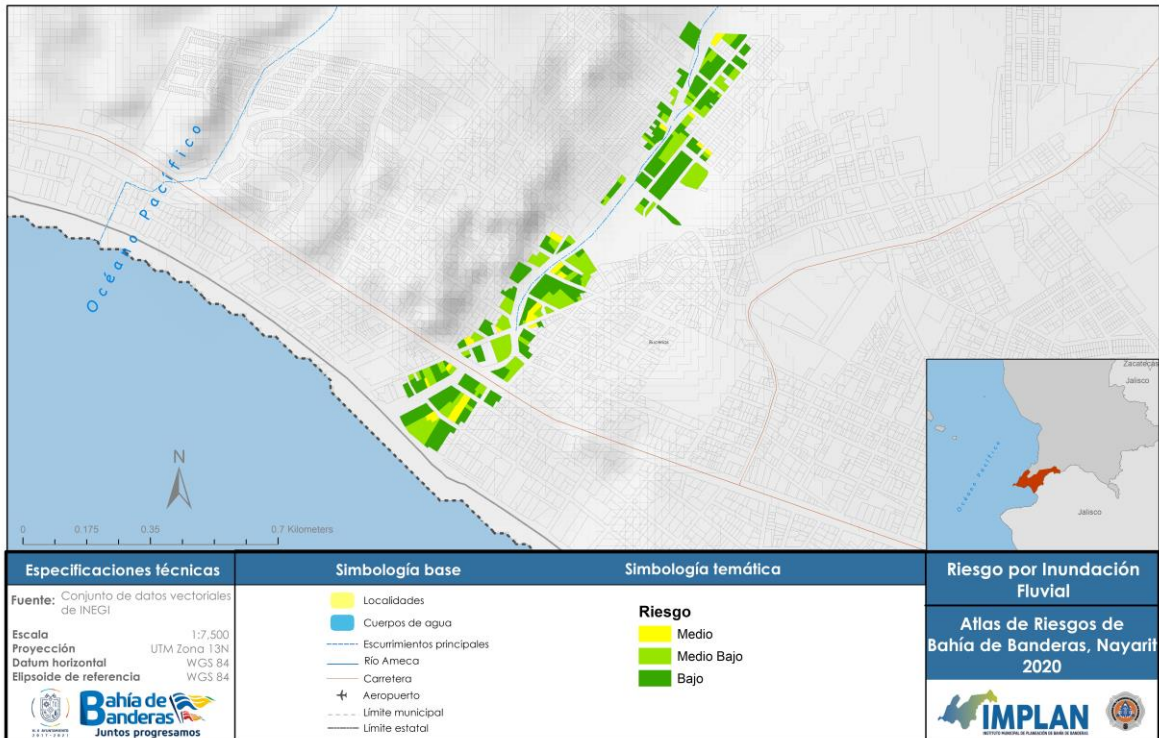


Mapa 72. Riesgo de inundación fluvial San Francisco



Fuente: Elaboración propia con base en los resultados del análisis de Riesgos

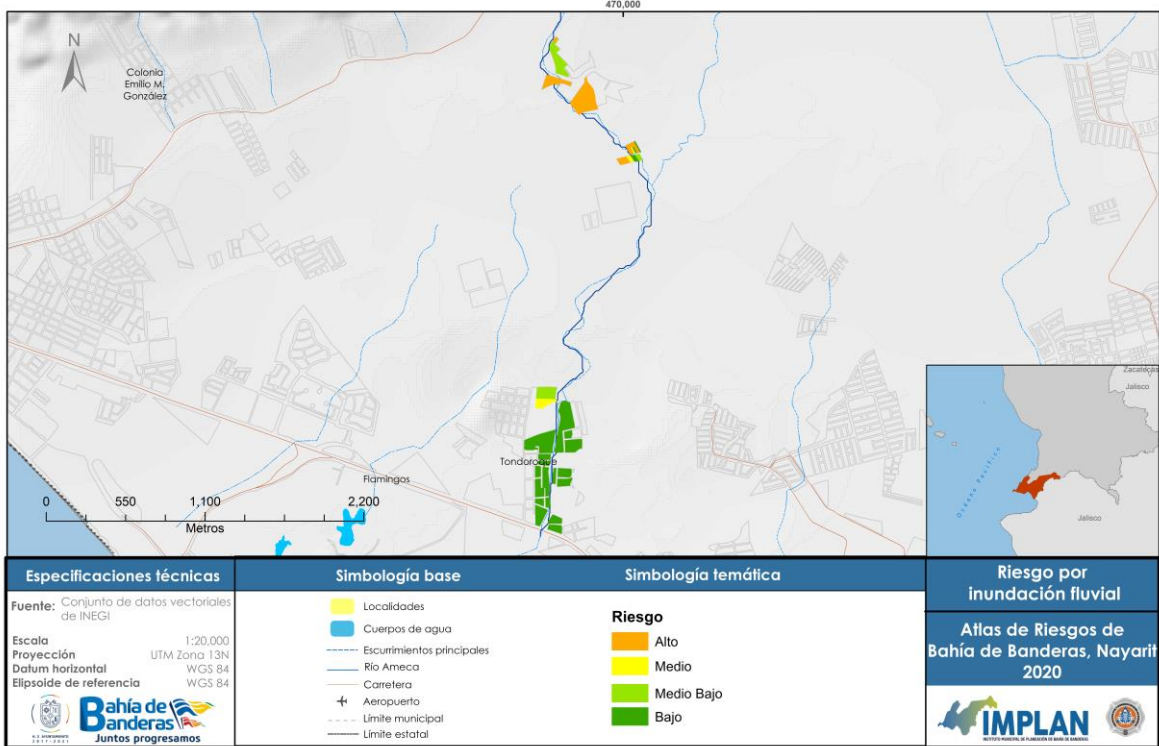
Mapa 73. Riesgo de inundación fluvial El Indio



Fuente: Elaboración propia con base en los resultados del análisis de Riesgos

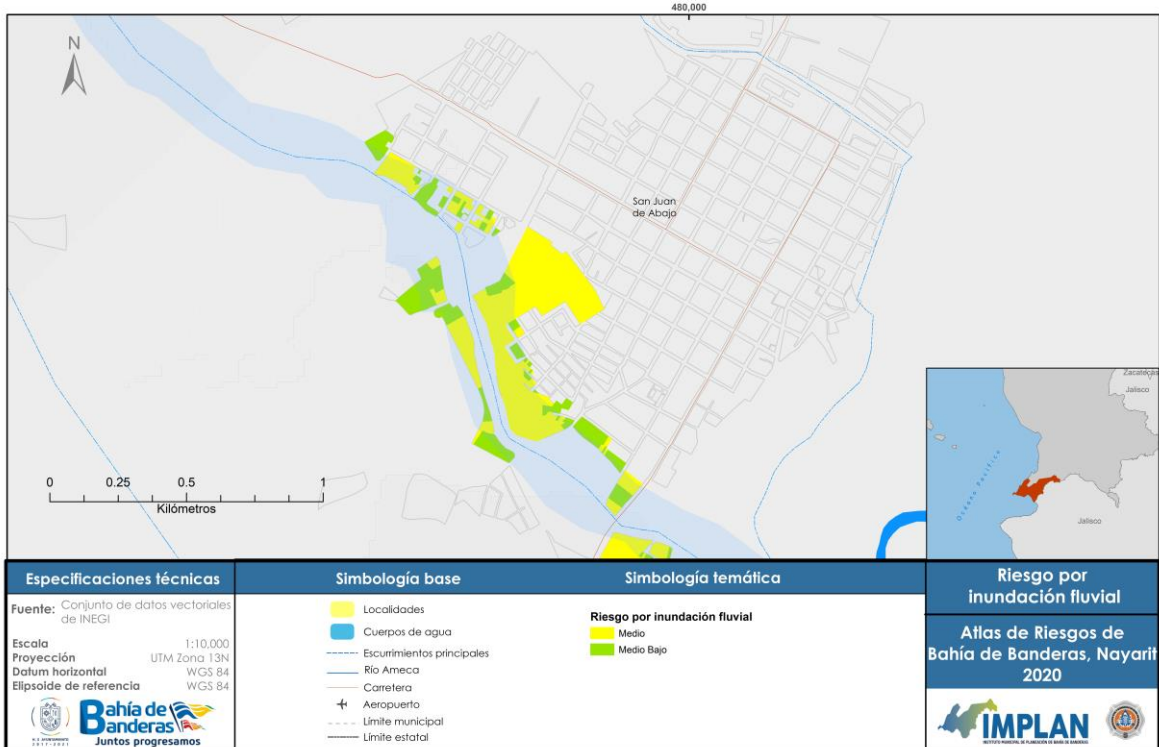


Mapa 74. Riesgo de inundación fluvial Tondoroque



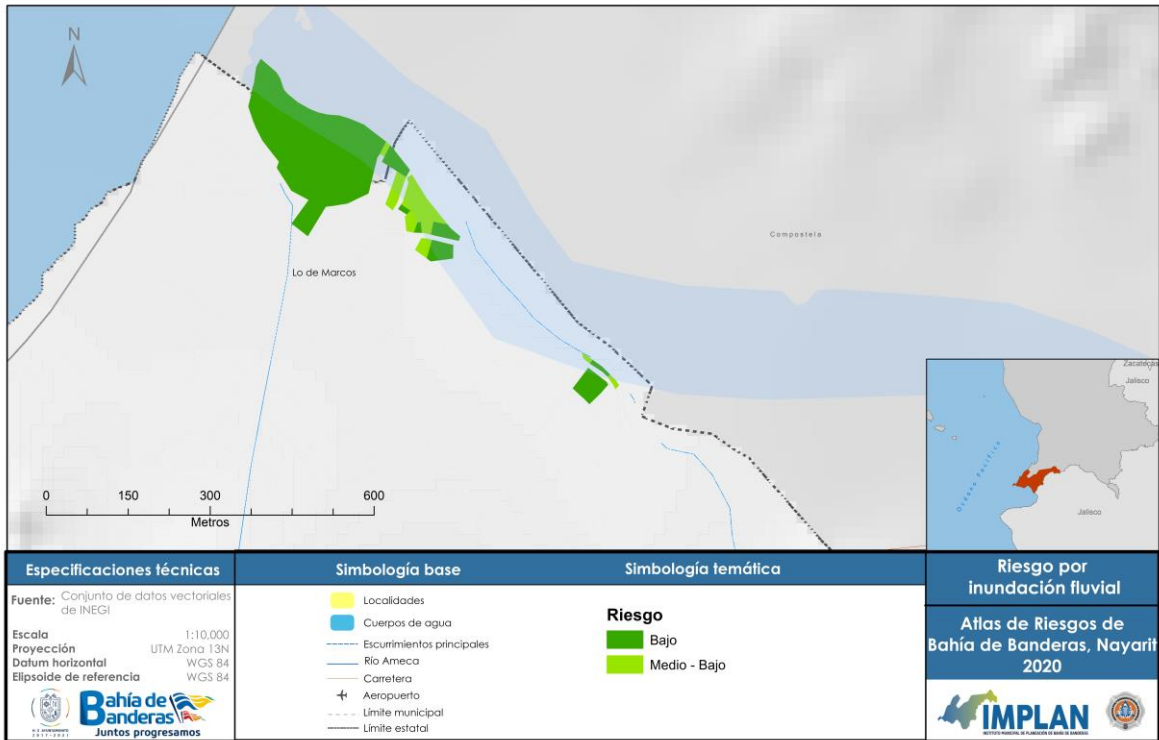
Fuente: Elaboración propia con base en los resultados del análisis de Riesgos

Mapa 75. Riesgo de inundación fluvial San Juan



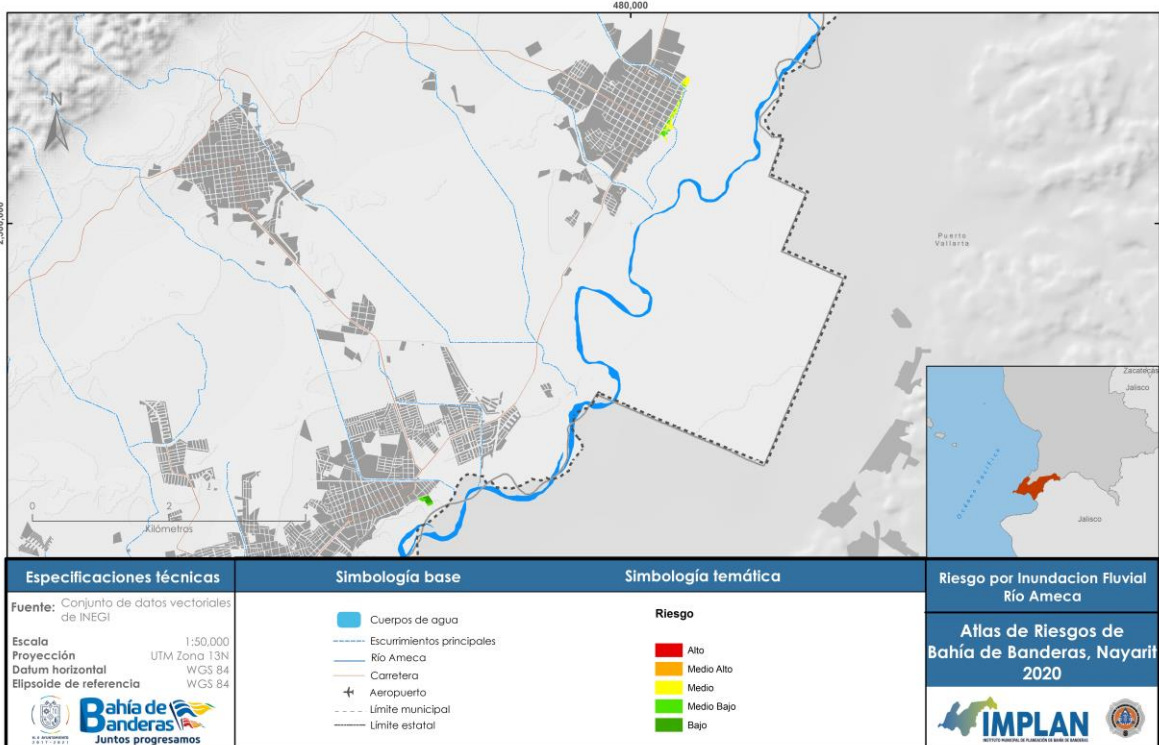
Fuente: Elaboración propia con base en los resultados del análisis de Riesgos

Mapa 76. Riesgo de inundación fluvial Lo de Marcos



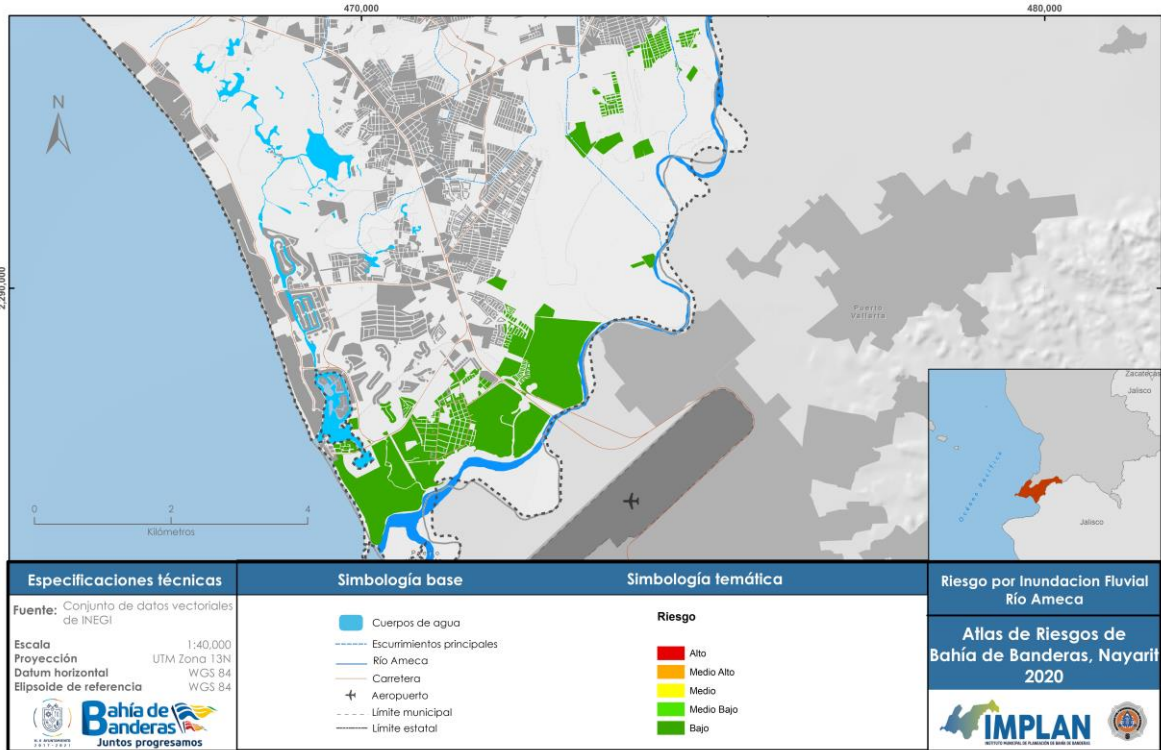
Fuente: Elaboración propia con base en los resultados del análisis de Riesgos

Mapa 77. Riesgo de inundación fluvial Río Ameca Centro



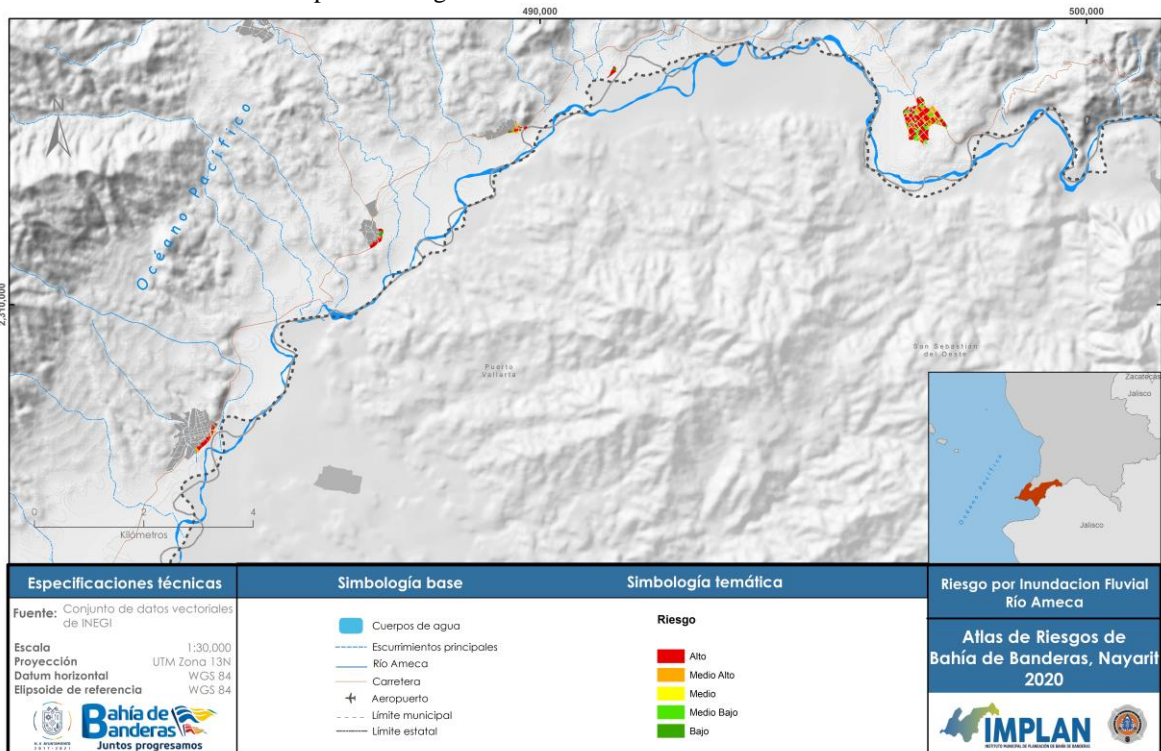
Fuente: Elaboración propia con base en los resultados del análisis de Riesgos

Mapa 78. Riesgo de inundación fluvial Río Ameca Costa



Fuente: Elaboración propia con base en los resultados del análisis de Riesgos

Mapa 79. Riesgo de inundación fluvial Río Ameca Sierra



Fuente: Elaboración propia con base en los resultados del análisis de Riesgos

La memoria de cálculo para la elaboración de los mapas de riesgos se observa en el documento “Tomo III Anexo III”.

#### **III.4 Tormentas eléctricas**

Las tormentas eléctricas son descargas bruscas de electricidad atmosférica que se manifiestan por un resplandor breve (rayo) y por un ruido seco o estruendo (trueno). De acuerdo con la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 1993), las tormentas se asocian a nubes convectivas (cumulonimbos) y pueden estar acompañadas de precipitación en forma de chubascos; pero en ocasiones puede ser nieve, nieve granulada, hielo granulado o granizo. El ciclo de duración de una tormenta es de sólo una a dos horas, son de carácter local y se reducen casi siempre a sólo unas decenas de kilómetros cuadrados (García, *et al*, 2007).

Los efectos de las tormentas eléctricas van desde herir o causar el deceso de una persona de forma directa o indirecta hasta dañar la infraestructura de la población, que provocaría la suspensión de la energía eléctrica, además de afectar algunos aparatos (radio, televisión, computadoras, refrigeradores, etc.). En ocasiones, las descargas eléctricas pueden provocar la muerte del ganado y son la causa más común del retraso de las aeronaves y de los accidentes aéreos, siendo el mayor peligro para la aviación.

Existen algunos registros en el municipio de daños leves por tormentas eléctricas. En octubre de 2008, surgió una tormenta eléctrica, derivada de la presencia del huracán Norbert, que afectó a las localidades de San Juan de Abajo, El Porvenir, Mezcales, Bucerías, Nuevo Vallarta y parte de Puerto Vallarta, Jalisco; sólo causó fallas en la energía eléctrica.

En agosto de 2017, hubo una tormenta que azotó en Jalisco y Nayarit, causó destrozos en algunas colonias y delegaciones de Puerto Vallarta, y también causó daños en el municipio de Bahía de Banderas, en la carretera federal 200, a la altura de Mezcalitos, entre otras poblaciones de la Costa y Sierra.

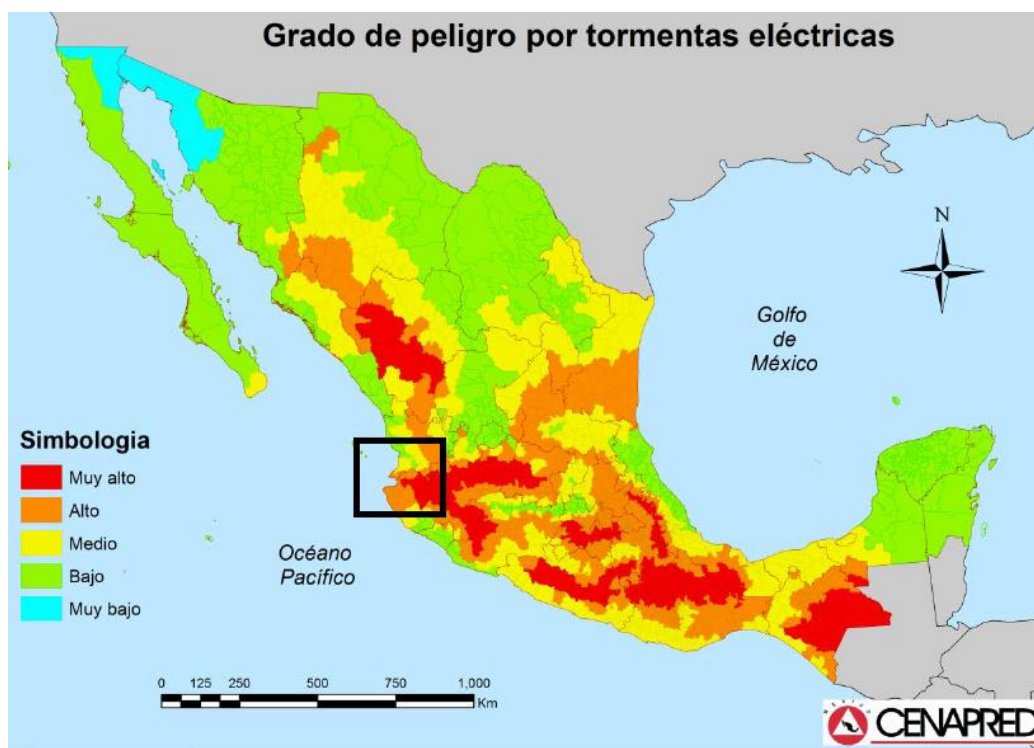
Y, en septiembre de 2019, derivado de la tormenta tropical Narda, se produjo una tormenta eléctrica que afectó levemente a todo el territorio municipal.

#### *Metodología*

Sin embargo, al no existir una base de datos periódica de los registros por tormentas eléctricas, es imposible la estimación del peligro, por lo que, se toma como referencia los datos publicados por CENAPRED (2012), donde en Bahía de Banderas el peligro por tormentas eléctricas esta ponderado como Alto en toda la parte Sur y centro del municipio, afectando casi a la totalidad de los asentamientos humanos; y como Bajo en la parte norte, a partir de la localidad de San Francisco, incluyendo Lo de Marcos. (Mapa 80)



Mapa 80. Grado de Peligro por tormentas eléctricas



Fuente: Tomado de CENAPRED (2012).

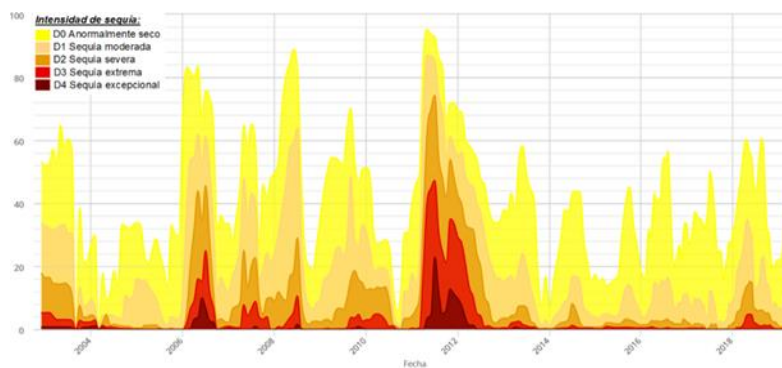
### III.5 Sequías

La sequía es un fenómeno climático recurrente caracterizado por una reducción en la precipitación pluvial con respecto a la considerada como normal para una zona determinada; no presenta epicentro ni trayectorias definidas, sino que tiende a extenderse de manera irregular a través del tiempo y del espacio, provoca que el agua disponible sea insuficiente para satisfacer las distintas necesidades humanas y de los ecosistemas. La sequía es considerada como uno de los fenómenos naturales más complejos y que afecta a más personas en el mundo. Además de sus efectos directos en la producción, puede perturbar el abastecimiento de agua para consumo humano, obligar a las poblaciones a emigrar e incluso, en casos extremos, puede causar hambrunas y muerte de personas. A diferencia de otros desastres asociados a fenómenos naturales cuyos impactos son locales y de corto plazo, las sequías abarcan grandes áreas geográficas y sus consecuencias pueden prevalecer por varios años, con un efecto negativo en la calidad de vida y en el desarrollo de las poblaciones afectadas (Ortega-Gaucín, Velasco, Güitrón, Cortés, & López, 2014).

México, país en vías de desarrollo, no está exento de padecer las acometidas de las sequías con cierta periodicidad, como lo muestra la última sequía ocurrida durante los años 2011 y 2012 (Figura 3), la cual, por sus efectos negativos en los diversos sectores socioeconómicos, ha sido evaluada como la más grave de las últimas siete décadas. Esta sequía afectó más de

80 por ciento del territorio nacional y causó pérdidas superiores a 16 mil millones de pesos tan solo en el sector agropecuario; además, provocó serios problemas de desabasto de agua en las comunidades rurales de las regiones más áridas y vulnerables del país (Ortega-Gaucin, 2018)

Figura 3. Evolución y porcentaje de área del país afectada con una o varias categorías de sequía



*Fuente: Monitor de Sequía en México (SMN, 2019)*

El SMN, es la dependencia oficial del gobierno mexicano encargada de detectar el estado actual y la evolución de las sequías. Para ello, se apoya en el Monitor de Sequía en México (MSM) que a su vez forma parte del Monitor de Sequía de América del Norte (NADM).

El MSM se basa en la obtención e interpretación de diversos índices o indicadores, como el Índice Estandarizado de Precipitación (SPI), Anomalía de Lluvia en Porcentaje de lo Normal, Índice Satelital de Salud de la Vegetación (VHI), Modelo de Humedad del Suelo Leaky Bucket CPC-NOAA, Índice Normalizado de Diferencia de la Vegetación (NDVI), la Anomalía de la Temperatura Media, el Porcentaje de Disponibilidad de Agua en las presas del país y la aportación de expertos locales. Estos índices se despliegan mediante capas y determinan las regiones afectadas por sequía, de acuerdo a la escala de intensidades que es común en los tres países, las cuales se clasifican de la siguiente manera (SMN, 2019):

- **Anormalmente Seco (D0):** 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: al inicio de un periodo 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; al final del periodo de sequía, puede persistir déficit de agua, los pastos o cultivos pueden no recuperarse completamente.
- **Sequía Moderada (D1):** Se presentan algunos daños en los cultivos y pastos; existe un alto riesgo de incendios, bajos niveles en ríos, arroyos, embalses, abrevaderos y pozos, se sugiere restricción voluntaria en el uso del agua.
- **Sequía Severa (D2):** Probables pérdidas en cultivos o pastos, alto riesgo de incendios, es común la escasez de agua y se deben imponer restricciones en el uso del agua.

- **Sequía Extrema (D3):** Pérdidas mayores en cultivos y pastos, el riesgo de incendios forestales es extremo, se generalizan las restricciones en el uso del agua debido a su escasez.
- **Sequía Excepcional (D4):** Pérdidas excepcionales y generalizadas de cultivos o pastos, riesgo excepcional de incendios, escasez total de agua en embalses, arroyos y pozos, es probable una situación de emergencia debido a la ausencia de agua.

Aunque en la actualidad se cuenta con mayor conocimiento científico y desarrollo tecnológico para hacer frente a la sequía, lo cierto es que estas herramientas son complementarias de otras acciones y estrategias de corte político, económico y social que de manera conjunta contribuyan a aminorar los efectos perjudiciales del fenómeno. Pese a la lucha histórica de México frente a la sequía, esta no ha dejado, ni dejará, de ser un problema, por lo que es sustancial que tanto los tomadores de decisiones como la población en general, sea conscientes de la fragilidad ante el peligro y la importancia de adoptar medidas preventivas y de adaptación que conduzcan a una gestión apropiada del riesgo, ante los embates de esta anomalía climatológica (Ortega-Gaucin, 2018).

En el municipio de Bahía de Banderas se han tenido varios episodios de sequía importantes desde enero del año 2003. La mayoría de ellas corresponden a sequias moderadas, algunas severas y solo un par de eventos catalogados como sequias extremas. Estas últimas se presentaron en junio 2006 y de febrero a julio del 2008 como parte de las condiciones que se suscitaron en la mayoría del estado de Nayarit y que se extendieron hacia el estado de Jalisco, así como al norte, afectando el centro y sur de Durango debido al fenómeno climático El Niño- Oscilación del Sur (ENOS) (CONAGUA, 2009).

#### *Metodología*

Se utilizó el Índice Estandarizado de Precipitación (SPI), que es un índice de normalización de la precipitación histórica que permite identificar condiciones de déficit y exceso de precipitación a corto y largo plazo. Los valores son representativos de la variabilidad de la precipitación con respecto a su historial, en donde los valores negativos indican déficit y los positivos superávits (McKee *et. al.*, 1993).

#### *Resultados*

Los índices de sequía SPI se describen en el Cuadro 30 la estación climatológica utilizada para este análisis y la más confiable por la cantidad de información es la estación Las Gaviotas.

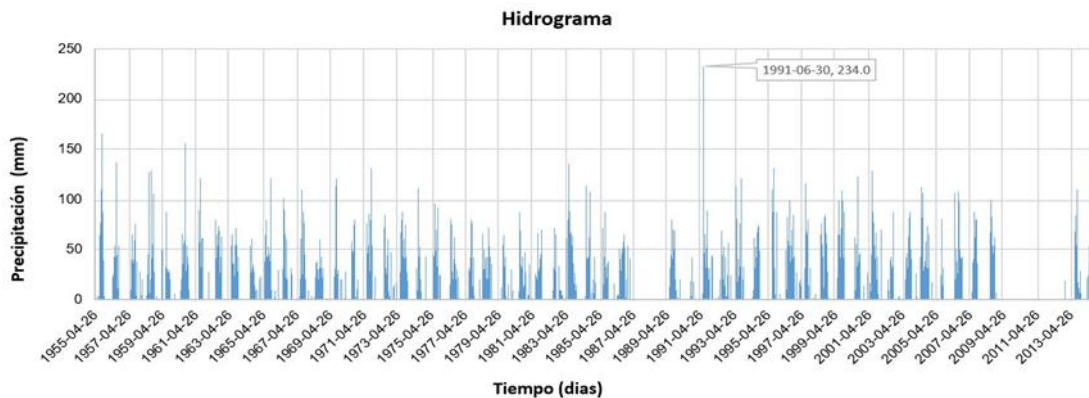
Cuadro 30. Categorías y clasificación del SPI

| Valor del Índice | Categoría                |
|------------------|--------------------------|
| >2.00            | Extremadamente húmedo    |
| 1.50 a 1.99      | Muy o Severamente húmedo |
| 1.00 a 1.49      | Moderadamente húmedo     |
| -0.99 a 0.99     | Cercano a lo Normal      |
| -1.50 a -1.00    | Moderadamente Seco       |
| -1.99 a -1.49    | Muy o severamente seco   |
| < -2.00          | Extremadamente Seco      |

Fuente: Elaboración propia con base en la clasificación SPI

Se evaluó el comportamiento histórico de las sequías. El principal requisito es identificar cuánta información existe y cómo ha variado conforme al tiempo. En la Figura 4 se observa un máximo en el mes de junio (06) del año 1991 con 234 mm. El análisis se realizó para la ocurrencia de 6 y 12 meses.

Figura 4. Relación de precipitación diaria en la estación Las Gaviotas

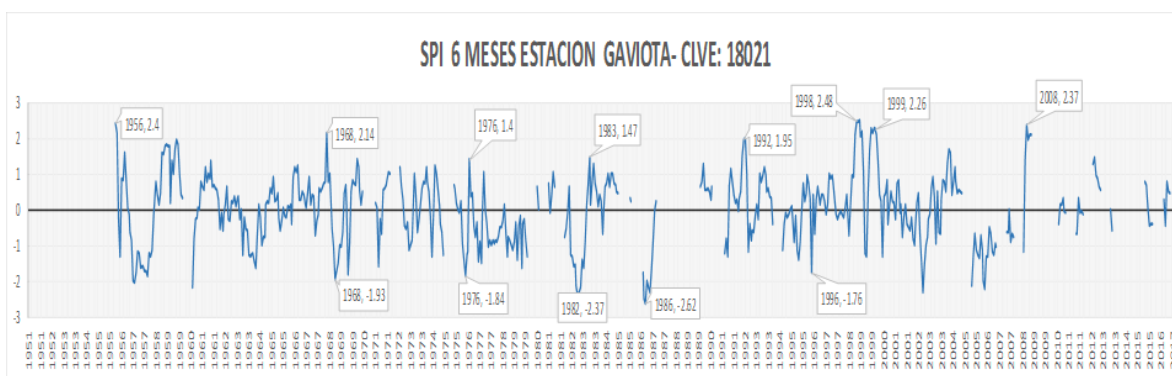


Fuente: Elaboración propia del Instituto Municipal de Planeación.

El comportamiento del SPI se desarrolló para la ocurrencia de 6 meses (Figura 5), que representa el impacto a los niveles de reserva de agua. Estos impactos oscilan entre -3.0 y 3.0 SPI, con periodos de sequía moderada más frecuentes en la parte media de la serie. La estación Las Gaviotas presenta 13 datos con categoría de extremadamente seco entre los años 1957 a 1982 con valores menores a -2.00. En cuanto a los eventos extremadamente húmedos, se presentan 17 eventos y 230 eventos moderadamente húmedos. Es decir, se tiene suficiente cantidad de agua para balancear los efectos de sequías en el municipio (Cuadro 31).



Figura 5. Frecuencias y probabilidad de SPI precipitación – estudio de 6 meses



Fuente: Elaboración propia del Instituto Municipal de Planeación.

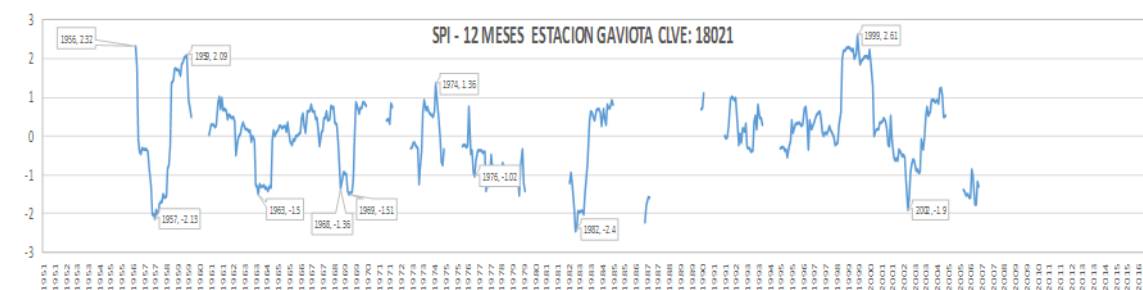
Cuadro 31. Categoría y clasificaciones del SPI 6 meses

| Valor del Índice | Categoría             | Frecuencias | Probabilidad | Probabilidad % |
|------------------|-----------------------|-------------|--------------|----------------|
| 2.00 o más       | Extremadamente húmedo | 17          | 0.032        | 3.208          |
| 1.50 a 1.99      | Muy húmedo            | 33          | 0.062        | 6.226          |
| 1.00 a 1.49      | Moderadamente húmedo  | 230         | 0.434        | 43.396         |
| -0.99 a 0.99     | Cercano a lo normal   | 160         | 0.302        | 30.189         |
| --1.00 a -1.49   | Moderadamente seco    | 0.098       | 0.045        | 9.811          |
| -1.50 a -1.99    | Severamente seco      | 25          | 0.047        | 4.717          |
| -2.00 o menos    | Extremadamente seco   | 13          | 0.025        | 2.453          |

Fuente: Elaboración propia del Instituto Municipal de Planeación.

El comportamiento del índice desarrollado para 12 meses representa los impactos en los niveles de reserva de agua, mismos que oscilan entre -3.0 y 3.0, con 26 eventos de sequía severos entre 1957 y 1969, y 8 eventos extremadamente secos entre 1982 y 2002. En cuanto a los eventos extremadamente húmedos se presentaron 14 eventos y 188 eventos moderadamente húmedos, representando estos un abasto de humedad para evitar o disminuir sequías que dañen la producción en general. Sin embargo, y dadas las condiciones de cambio climático, el daño de una sequía severa que afecte la producción tiene una probabilidad de 1.96%.

Figura 6. Frecuencias y probabilidad de SPI precipitación de 12 meses



Fuente: Elaboración propia del Instituto Municipal de Planeación.

Cuadro 32. Categoría 12 meses

| Valor del Índice | Categoría             | Frecuencias | Probabilidad | Probabilidad % |
|------------------|-----------------------|-------------|--------------|----------------|
| 2.00 o más       | Extremadamente húmedo | 14          | 0.034        | 3.431          |
| 1.50 a 1.99      | Muy húmedo            | 10          | 0.025        | 2.451          |
| 1.00 a 1.49      | Moderadamente húmedo  | 188         | 0.461        | 46.078         |
| -0.99 a 0.99     | Cercano a lo Normal   | 116         | 0.284        | 28.431         |
| --1.00 a -1.49   | Moderadamente Seco    | 46          | 0.113        | 11.275         |
| -1.50 a -1.99    | Severamente seco      | 26          | 0.064        | 6.373          |
| -2.00 o menos    | Extremadamente Seco   | 8           | 0.020        | 1.961          |

*Fuente: Elaboración propia del Instituto Municipal de Planeación.*

Con base en la información del Atlas Nacional de Vulnerabilidades al Cambio Climático (INECC, 2016), la producción forrajera en el municipio, considerando los escenarios de cambio climático, se pudiera ver afectada, ya que se encuentra en una vulnerabilidad moderada debido a que las condiciones de aridez en el municipio podrían aumentar en los tres escenarios de cambio climático analizados para México.

Con base en los datos plasmados en el apartado anterior, se puede definir que el nivel de probabilidad de ocurrencia de sequías en el municipio de Bahía de Banderas es de aproximadamente 3 a 7 años, esto podría deberse a la presencia del fenómeno climático denominado El Niño; ya que este evento tiene presencia cíclica con un intervalo de años (3-7), el cual consiste en una fase cálida del patrón climático del pacífico ecuatorial, provocando afectaciones a la distribución de las precipitaciones en zonas tropicales. Arrojando un nivel Mediano de riesgo ante la presencia de sequías para el municipio.

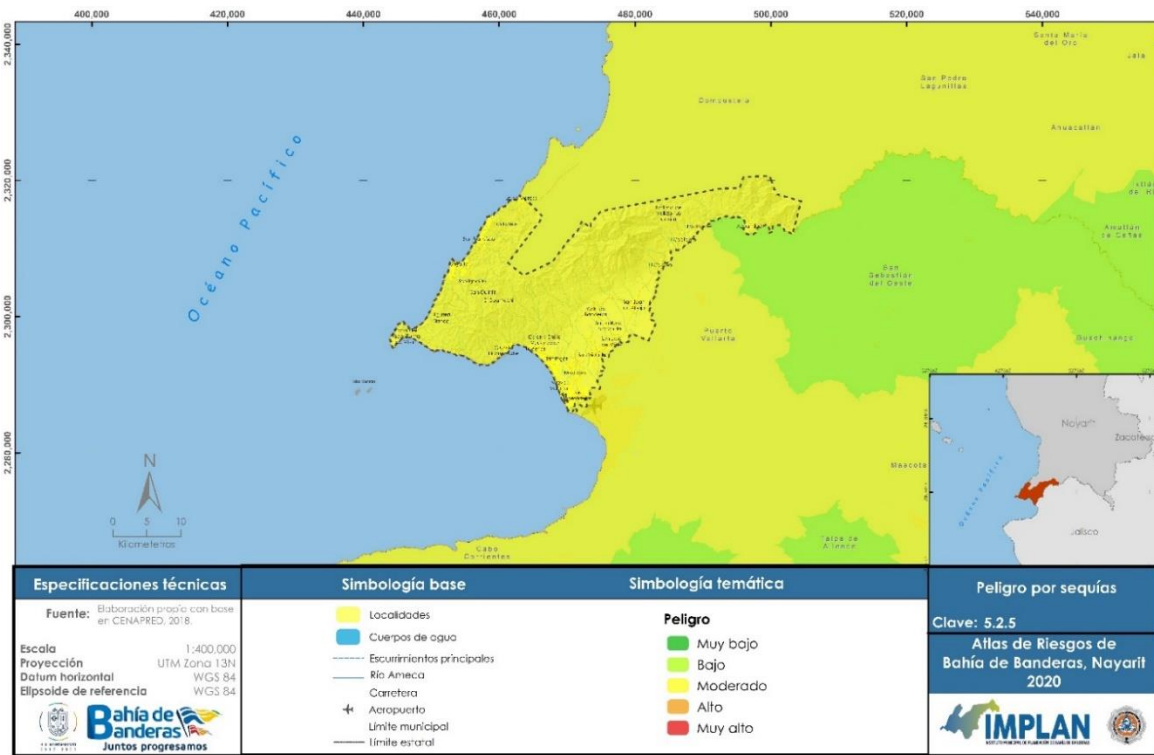
Cuadro 33. Reporte de daños por sequías

| Fecha      | ID | Evento | Afectación  |
|------------|----|--------|---|
| 31/12/2011 | 33 | Sequía | Cerca de 19 mil hectáreas de cultivos dañados en varios municipios del estado de Nayarit. |

*Fuente: Elaboración propia del Instituto Municipal de Planeación.*

Los eventos de sequía registrados por el monitor de sequía en México del SMN han sido de una intensidad severa principalmente, y han ocurrido con intervalos de tiempo de dos años entre 2006 y 2011; no obstante, entre ellas se presentaron dos eventos de sequía de intensidad extrema en el año 2006 y 2008, que fueron influenciadas por las condiciones del fenómeno del Niño. Por lo tanto, la probabilidad actual de peligro ante este fenómeno es considerada como moderada. Con cambios previstos en frecuencia e intensidad en aumento en escala de tiempo a corto plazo (Mapa 81).

Mapa 81. Peligro por sequías



Fuente: Elaboración propia del Instituto Municipal de Planeación.

### III.6 Ondas cálidas

El análisis de las ondas de calor se estimó a partir del percentil 95 de la temperatura máxima diaria de la serie de datos histórica registrada en las estaciones climatológicas Las Gaviotas y San José. Este umbral del percentil 95 es de 37°C. En la Figura 7 se puede observar que en la estación Las Gaviotas, entre al año 2000 y 2001, hubo un ascenso en la temperatura que superaba el umbral establecido, ya que la temperatura llegó a los 44°C; en la estación San José también se percibe este aumento, pero no tan fuerte como en las Gaviotas. En San José la temperatura máxima histórica es de 40°C.

Figura 7. Temperaturas máximas diarias de la A) estación Gaviotas y B) estación San José



Fuente: Elaboración propia con base en los registros de temperaturas máximas de las estaciones climatológicas del SMN. Nota: la línea roja que aparece en las gráficas anteriores corresponde al umbral establecido al momento del cálculo.

Para analizar las ondas de calor se llenaron los vacíos de información y se aplicó como parámetro el percentil 95. Los umbrales de temperaturas se establecieron en 37°C para temperaturas máximas y de 24°C para las temperaturas mínimas.

Para identificar las ondas de calor se definieron los días donde la temperatura máxima y mínima superaron o igualaron los percentiles 95 por dos o más días. En el Cuadro 34. Eventos de ondas de calor, se representan los días y duración de las ondas de calor existentes en la serie de datos desde 1959 a 2008, sumando estos 41 eventos registrados.

Cuadro 34. Eventos de ondas de calor

| ONDA DE CALOR        |                       |                   | Percentil 95 - Temp. Max. 37° - Temp. Min. 24° |                   |                   |                   |
|----------------------|-----------------------|-------------------|--|-------------------|-------------------|-------------------|
| Fecha de Inicio (FI) | Fecha de término (FT) | Duración (D) días | Intensidad (I) °                               | Temp. Max. (TMax) | Temp. Min. (TMin) | Temp. Alivio (TA) |
| 02/06/1963           | 03/06/1963            | 2.00              | 24.50  | 38.00             | 24.00             | 1.00              |
| 13/08/1968           | 14/08/1968            | 2.00              | 25.00  | 38.00             | 24.00             | 2.00              |
| 04/06/1972           | 05/06/1972            | 2.00              | 24.25  | 38.50             | 24.00             | 0.50              |
| 28/06/1979           | 02/07/1979            | 5.00              | 9.80   | 39.50             | 24.00             | 1.00              |
| 15/06/1980           | 17/06/1980            | 3.00              | 16.00  | 37.00             | 24.00             | 0.00              |
| 22/06/1982           | 23/06/1982            | 2.00              | 25.75  | 37.00             | 25.50             | 0.50              |
| 17/07/1989           | 18/07/1989            | 2.00              | 25.50  | 37.50             | 25.00             | 1.00              |



| ONDA DE CALOR        |                       | Percentil 95 - Temp. Max. 37° - Temp. Min. 24° |                  |                   |                   |                   |
|----------------------|-----------------------|--|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Fecha de Inicio (FI) | Fecha de término (FT) | Duración (D) días                              | Intensidad (I) ° | Temp. Max. (TMax) | Temp. Min. (TMin) | Temp. Alivio (TA) |
| 29/05/1990           | 06/06/1990            | 9.00   | 5.44             | 39.00             | 24.00             | 1.00              |
| 16/06/1991           | 23/06/1991            | 8.00   | 6.13             | 37.00             | 24.00             | 1.00              |
| 06/06/1992           | 27/06/1992            | 12.00  | 4.00             | 39.00             | 24.00             | 0.00              |
| 10/06/1994           | 11/06/1994            | 2.00   | 24.75            | 38.00             | 24.50             | 0.50              |
| 14/07/1994           | 15/07/1994            | 2.00   | 24.00            | 37.00             | 24.00             | 0.00              |
| 17/06/1996           | 19/06/1996            | 3.00   | 16.33            | 38.00             | 24.00             | 1.00              |
| 24/06/1996           | 28/06/1996            | 5.00   | 9.60             | 38.00             | 24.00             | 0.00              |
| 29/07/1996           | 30/07/1996            | 2.00   | 24.25            | 38.00             | 24.00             | 0.50              |
| 13/06/1997           | 20/06/1997            | 8.00   | 6.13             | 39.00             | 24.00             | 1.00              |
| 08/07/1997           | 11/07/1997            | 4.00   | 12.13            | 38.00             | 24.00             | 0.50              |
| 08/06/1998           | 26/06/1998            | 19.00  | 2.63             | 39.50             | 25.00             | 0.00              |
| 12/07/1999           | 13/07/1999            | 2.00   | 24.25            | 38.00             | 24.00             | 0.50              |
| 13/09/1999           | 17/09/1999            | 5.00   | 9.70             | 37.50             | 24.00             | 0.50              |
| 30/05/2000           | 31/05/2000            | 2.00   | 24.00            | 38.00             | 24.00             | 0.00              |
| 03/06/2000           | 07/06/2000            | 5.00   | 9.80             | 38.00             | 24.00             | 1.00              |
| 10/06/2000           | 13/06/2000            | 4.00   | 12.13            | 38.00             | 24.00             | 0.50              |
| 02/07/2000           | 03/07/2000            | 2.00   | 24.00            | 38.00             | 24.00             | 0.00              |
| 06/09/2000           | 08/09/2000            | 3.00   | 16.00            | 39.50             | 24.00             | 0.00              |
| 04/10/2000           | 06/10/2000            | 3.00   | 16.17            | 38.00             | 24.00             | 0.50              |
| 01/06/2001           | 03/06/2001            | 3.00   | 16.33            | 41.00             | 24.00             | 1.00              |
| 09/06/2001           | 11/06/2001            | 3.00   | 16.00            | 38.00             | 24.00             | 0.00              |
| 25/06/2001           | 27/06/2001            | 3.00   | 16.33            | 40.00             | 24.00             | 1.00              |
| 15/08/2001           | 16/08/2001            | 2.00   | 24.25            | 39.50             | 24.00             | 0.50              |
| 20/08/2001           | 21/08/2001            | 2.00   | 24.75            | 40.00             | 24.50             | 0.50              |
| 18/09/2001           | 20/09/2001            | 3.00   | 16.50            | 38.00             | 24.50             | 0.50              |
| 30/09/2001           | 01/10/2001            | 2.00   | 24.50            | 39.50             | 24.00             | 1.00              |
| 06/06/2002           | 07/06/2002            | 2.00   | 24.00            | 38.00             | 24.00             | 0.00              |
| 21/06/2002           | 27/06/2002            | 8.00   | 6.13             | 39.50             | 24.00             | 1.00              |
| 01/07/2002           | 02/07/2002            | 2.00   | 24.25            | 41.00             | 24.00             | 0.50              |
| 29/05/2004           | 30/05/2004            | 2.00   | 24.50            | 38.00             | 24.00             | 1.00              |
| 25/06/2005           | 26/06/2005            | 2.00   | 24.00            | 38.00             | 24.00             | 0.00              |
| 16/06/2006           | 18/06/2006            | 3.00   | 16.83            | 38.00             | 24.50             | 1.50              |
| 20/06/2007           | 21/06/2007            | 2.00   | 24.25            | 38.00             | 24.00             | 0.50              |
| 17/08/2007           | 18/08/2007            | 2.00   | 24.50            | 37.00             | 24.00             | 1.00              |

*Fuente: Elaboración propia con base en los registros de las estaciones climatológicas del SMN.*

Se puede observar que, en los años 1990, 1991, 1992 y 1997 se presentaron en el municipio eventos de ondas de calor con temperaturas máximas de 39 °C y mínimas de 24 °C, con una duración mínima de 5 días, sin embargo, para el año de 1998 se registró una onda de calor por 12 días continuos con temperatura máxima de 39.5 °C y mínimas de 24 °C en promedio, producida posiblemente como consecuencia del fenómeno conocido como El Niño

(Oscilación del Sur). En el Cuadro 35 se pueden observar los eventos de onda de calor que se generaron a partir del Percentil 95.

En la tabla del anexo se plasma el nivel de probabilidad y consecuencia como alto, el cambio de nivel de frecuencia e intensidad en aumento en los posteriores años.

Cuadro 35. Eventos de ondas de calor por año

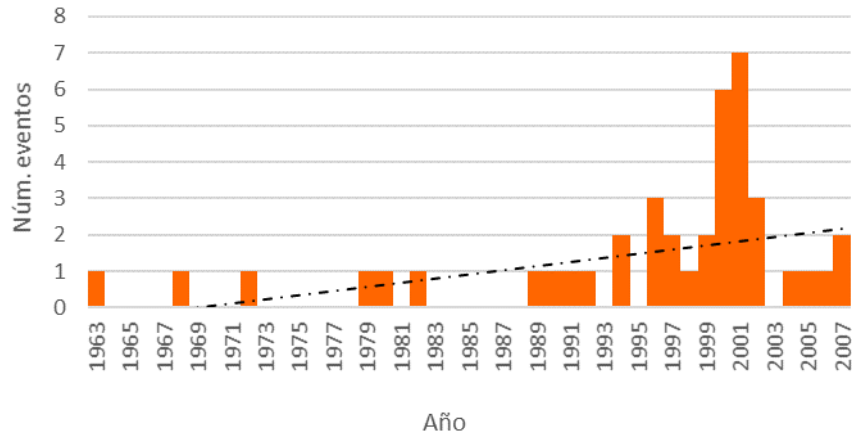
| Año  | Evento (año) | Temp Max | Temp Min | Año  | Evento (año) | Temp Max | Temp Min |
|------|--------------|----------|----------|------|--------------|----------|----------|
| 1963 | 1            | 38.00    | 24.00    | 1996 | 3            | 38.00    | 24.00    |
| 1968 | 1            | 38.00    | 24.00    | 1997 | 2            | 38.50    | 24.00    |
| 1972 | 1            | 38.50    | 24.00    | 1998 | 1            | 39.50    | 25.00    |
| 1979 | 1            | 39.50    | 24.00    | 1999 | 2            | 37.75    | 24.00    |
| 1980 | 1            | 37.00    | 24.00    | 2000 | 6            | 38.30    | 24.00    |
| 1982 | 1            | 37.00    | 25.50    | 2001 | 7            | 39.43    | 24.14    |
| 1989 | 1            | 37.50    | 25.00    | 2002 | 3            | 39.50    | 24.00    |
| 1990 | 1            | 39.00    | 24.00    | 2004 | 1            | 38.00    | 24.00    |
| 1991 | 1            | 37.00    | 24.00    | 2005 | 1            | 38.00    | 24.00    |
| 1992 | 1            | 39.00    | 24.00    | 2006 | 1            | 38.00    | 24.50    |
| 1994 | 2            | 37.50    | 24.25    | 2007 | 2            | 37.50    | 24.00    |

*Fuente: Elaboración propia con base en los registros de las estaciones climatológicas del SMN*

En la siguiente figura se puede observar que las ondas de calor en el municipio se han intensificado y se han vuelto más constantes; a pesar de que fueron esporádicas antes de 1996. Cabe mencionar que tanto los eventos de sequía (pérdidas de cosechas, deceso de animales, disminución de la producción agrícola e industrial, reducción de poder adquisitivo de la población, hambruna, incendios forestales y aceleración de la erosión del suelo) como los años con mayor registro de ondas de calor coinciden con los años con presencia del fenómeno de El Niño.

Analizando los datos anteriores de las ondas de calor, se llega a la conclusión que los eventos están parcialmente relacionados con el fenómeno climático el Niño, ya que este fenómeno se presenta de manera cíclica (3-7 años), se considera que, el nivel de riesgo Moderado, ya que el cálculo de posibilidad arrojó que existe la probabilidad de que ocurra al menos 1 evento por año.

Figura 8. Eventos de onda de calor con temperatura  $\geq 37^{\circ}\text{C}$  y mínimas  $\geq 24^{\circ}\text{C}$



Fuente: Elaboración propia con base en los registros de temperaturas máximas de las estaciones climatológicas del Sistema Meteorológico Nacional (SMN).

### Metodología

Para estimar las probabilidades de ocurrencia de un evento de onda de calor al año en el municipio de Bahía de Banderas, se calcularon los Periodos de Retorno de ocurrencia para un número específico de eventos.

### Resultados

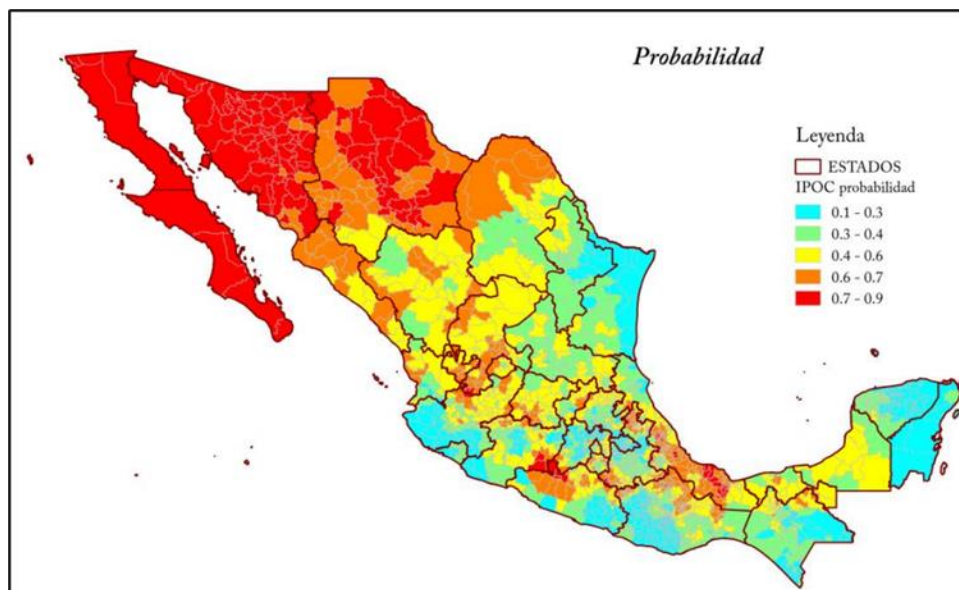
En el municipio, la probabilidad de ocurrencia de una onda de calor al año es del 50%. Lo que quiere decir que el nivel de ocurrencia es moderado. Esta probabilidad concuerda con lo estimado por CENAPRED en el mapa de Riesgo por Ondas de Calor en México, en el que se estima una probabilidad moderada (Cuadro 36 y Mapa 82 )

Cuadro 36. Periodos de retorno para número de eventos (ondas de calor) en el año

| Tr (años) | Eventos OC |
|-----------|------------|
| 2         | 1          |
| 10        | 3          |
| 25        | 4          |
| 50        | 5          |
| 100       | 6          |
| 500       | 8          |

Fuente: Elaboración propia del Instituto Municipal de Planeación.

Mapa 82. Índice de peligro por ondas de calor a escala municipal basado en la probabilidad anual de ocurrencia



Fuente: Índice de peligro por ondas de calor CENAPRED, 2017

### III.7 Ondas gélidas

Las bajas temperaturas y los fenómenos relacionados con ellas pueden causar distintos problemas, principalmente en la salud de la población, así como, para sus animales domésticos y cultivos; también, pueden entorpecer el funcionamiento de la infraestructura.

La República Mexicana se caracteriza por una diversidad de condiciones de temperatura y humedad. Por su ubicación geográfica se encuentra entre dos regiones climáticas, la templada al norte del trópico de Cáncer y la tropical, al sur de éste. Debido a la forma del relieve, la altitud, la extensión territorial y su localización entre dos océanos se producen diversos fenómenos atmosféricos, según la época del año; por ejemplo, en el invierno que es frío y seco, el país se encuentra bajo los efectos de las masas polares y frentes fríos, que ocasionan bruscos descensos de temperatura, acompañados generalmente de problemas en la salud de la población (SEDATU et al., 2017).

Sin embargo, el **municipio de Bahía de Banderas no se encuentra dentro del área de afectación por nevadas y heladas**. No hay evidencia histórica de la ocurrencia de estos fenómenos en territorio municipal.

## Bibliografía

- Agua, C. N. (01 de diciembre de 2016). Atlas del agua en México (regiones hidrologicas). Obtenido de <https://agua.org.mx/biblioteca/atlas-del-agua-en-mexico-2015-regiones-hidrologicas/>
- Ambiental, F. p. (2018). Agua.org.mx. Recuperado de <https://agua.org.mx/categoria/infraestructura-hidraulica/>
- Aparicio, J. (2013). Manual de Manejo de cuencas. México.
- Aparicio, J. (1992). Fundamentos de Hidrología Superficial. Limusa. Pág. 21.
- ARN. (2012). Atlas de riesgos Naturales del municipio de Bahía de Banderas. Nayarit.
- Cardona., A. (2018). Ecología verde. Recuperado de: <https://www.ecologiaverde.com>
- CEN-09. (2009). Inundaciones. Recuperado de [http://www.proteccioncivil.gob.mx/work/models/ProteccionCivil/Resource/377/1/images/folleto\\_i.pdf](http://www.proteccioncivil.gob.mx/work/models/ProteccionCivil/Resource/377/1/images/folleto_i.pdf)
- CENAPRED (2014). Serie de Fascículos "Tsunamis". En V. Ramos Radilla. México DF.
- CENAPRED (2014). En Fascículos - Inundaciones. México: Secretaría de Gobernación.
- Comisión Federal de Electricidad. (CFE). (2019). Recuperado de <https://www.cfe.mx/inversionistas/InformacionJuridica/Pages/Manuales.aspx>.
- Comisión Nacional de Agua. (CONAGUA). (2015). Actualización de la disponibilidad media anual en el acuífero valle de banderas. México.
- Comisión Nacional de Agua. (CONAGUA). (2015). Actualización de la disponibilidad media anual del agua en el acuífero de Punta de Mita. Nayarit: publicada en el Diario Oficial de la federación.
- Comisión Nacional de Agua. (CONAGUA). (2018). Estadística del Agua en México. México.
- Comisión Nacional de Agua. (CONAGUA). (2015). Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Zacualpan - las Varas. México.
- Comisión Nacional de Agua. (CONAGUA). (2015). Actualización de la disponibilidad media anual del agua en el acuífero puerto Vallarta. México.
- Comisión Nacional de Agua. (CONAGUA). (2018). Estadísticas del Agua en México. Recuperado de [http://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM\\_2018.pdf](http://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM_2018.pdf)
- Comisión Nacional de Agua. (CONAGUA). (2015). Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Zacualpan Las Varas. Nayarit, México.



- CONAGUA-INEGI-INE. (2017). Delimitación de las Cuencas Hidrográficas. México: Priego A.G.
- Diario Oficial de la Federación (DOF), (2016). ACUERDO por el que se emite la guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos. México: Gobierno Constitucional Tomo DCCLIX No. 15.
- García, O., Ramírez, H., Alcalá, J., Meulenert, A. y García, M. (2007). Climatología de las tormentas eléctricas locales severos (TELS) en la Zona Metropolitana de Guadalajara. Boletín del Instituto de Geografía. Investigaciones Geográficas: UNAM, México. pp. 7-16.
- Centro Nacional de Prevención de Desastres. (CENAPRED). (2012). Mapas de índices de riesgo a escala municipal por fenómenos hidrometeorológicos. México.
- Gaceta Municipal de Puerto Vallarta, Jalisco. (2010). Gestión de Residuos de Baterías y Llantas en el Municipio de Puerto Vallarta. Puerto Vallarta, Jalisco: Órgano oficial de comunicación del H. Ayuntamiento Constitucional de Puerto Vallarta, Jalisco.
- GSR. (2019). Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniera de Rios (GASIR). CIUDAD DE MEXICO.
- Guillén, J. (2006). Geología de la zona litoral. (I. d. Mar, Ed.) Ciencias del Mar. Recuperado de <https://gma.icm.csic.es/sites/default/files/pdf/Geologia-del-litoral.pdf>
- IMTA, 2. (2016). IMTA. Recuperado de: <https://www.imta.gob.mx/problematika-de-inundaciones-en-zonas-urbanas>
- INECC. (2016). Variabilidad y cambio climatico. Impactos, vulnerabilidad y adaptacion al cambio climatico en America Latina y el Caribe. México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2001). Diccionario de Datos Fisiográficos (Vectorial) Escala 1:1 000 000. Recuperado el 07 de 08 de 2018, de Instituto Nacional de Estadística y Geografía: [http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/2104/702825223892/702825223892\\_1.pdf](http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/2104/702825223892/702825223892_1.pdf)
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2008). Características edafológicas, fisiográficas, climáticas e hidrográficas de México. Recuperado el 08 de 08 de 2018, de [http://www.inegi.org.mx/inegi/spc/doc/INTERNET/1-GEOGRAFIADEMEXICO/MANUAL\\_CARAC\\_EDA\\_FIS\\_VS\\_ENERO\\_29\\_2008.pdf](http://www.inegi.org.mx/inegi/spc/doc/INTERNET/1-GEOGRAFIADEMEXICO/MANUAL_CARAC_EDA_FIS_VS_ENERO_29_2008.pdf)
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2017). Anuario estadístico y geográfico de Nayarit 2017.

- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (2017). Grid Extract. Recuperado el 2018, de National Oceanic and Atmospheric Administration: <https://maps.ngdc.noaa.gov/viewers/wcs-client/>
- OROMAPAS. (2018). ORGANISMO OPERADOR DE AGUA POTABLE ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO. BAHIA DE BANDERAS.
- Ramírez-Herrera, M. (2011). Evidencias ambientales de cambios de nivel de la costa del Pacífico de México: terremotos y tsunamis. *Revista de Geografía Norte Grande* (49), 99-124.
- SEDATU / SEMARNAT / GIZ. (2017). Guía Metodológica: Elaboración y Actualización de Programas Municipales de Desarrollo Urbano (PMDUs). Ciudad de México, México.
- SEDATU-SEMARNAT-GIZ. (2017). Guía Metodológica: Elaboración y Actualización de Programas Municipales de Desarrollo Urbano (PMDUs). Ciudad de México.
- Secretaría de Gobernación. (SEGOB). (2016). Diario Oficial de la Federación. Recuperado de ACUERDO por el que se da a conocer el resultado de los estudios técnicos de las aguas nacionales subterráneas del acuífero Valle de Banderas, clave 1807, en el Estado de Nayarit, Región Hidrológico-Administrativa Lerma-Santiago-Pacífico.: [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5455511&fecha=04/10/2016](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5455511&fecha=04/10/2016)
- SEMAR. (2015). SEMAR. Recuperado el 2018 de agosto de 26, de <https://www.gob.mx/semar/acciones-y-programas/historia-de-los-tsunamis-en-mexico>
- SEMAR. (2016). Obtenido de SEMAR: <https://digaohm.semar.gob.mx/cat/tsunami.html>
- SEMARNAT. (28 de noviembre de 2015). Gobierno de la República. Obtenido de <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/registro-de-emisiones-y-transferencia-de-contaminantes-retc>
- SEMARNAT. (2015). Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. México: Semarnat.
- Winkler, K. (20 de 02 de 2014). Hidrografía de México. Recuperado de <https://prezi.com/kkhzv5pejpm-/hidrografia-de-mexico/>

## Anexos

### Anexo 1. Cálculos de amplitud de Tormenta para Bahía de Banderas

Tormenta Tropical

$$p_0 = 985 \text{ mbar}$$

$$\phi = 20$$

Como no se dispone del valor del radio de máximo viento, se estima por medio de la ecuación 2.2

$$R = 61.69295711$$

Para la latitud  $20^\circ$  N y longitud  $105^\circ$  W, de la figura 2.6 se considera que  $V_d = 30$  Km/h

Usando la ecuación 2.1

$$V = 107.0553379 \text{ Km/h}$$

Por medio de la figura 2.5 se aprecia que, para  $p_0 = 985$  mb, la velocidad del viento para un ciclón estacionario es del orden de 80 km/h, por lo que al sumar la mitad de la velocidad de desplazamiento  $0.5 (30) = 15$  km/h, queda

$$V = 95 \text{ Km/h}$$

De la tabla 2.2 se obtienen los valores cercanos, por ejemplo, para  $20^\circ$  y 980 mb, la velocidad es del orden de 79 km/h, al aumentar la mitad de la velocidad de desplazamiento:

$$V = 94 \text{ Km/h}$$

$$h = 1.560972795$$

Cálculos de Ciclón Categoría 1

$$p_0 = 980 \text{ mbar}$$

$$\phi = 20$$

Como no se dispone del valor del radio de máximo viento, se estima por medio de la ecuación 2.2

$$R = 58.22820021$$

Para la latitud  $20^\circ$  N y longitud  $105^\circ$  W, de la figura 2.6 se considera que  $V_d = 30$  Km/h

Usando la ecuación 2.1

$$V = 117.0277379 \text{ Km/h}$$

Por medio de la figura 2.5 se aprecia que, para  $p_0 = 980$  mb, la velocidad del viento para un ciclón estacionario es del orden de 100 km/h, por lo que al sumar la mitad de la velocidad de desplazamiento  $0.5 (30) = 15$  km/h, queda:

$$V = 115 \text{ Km/h}$$

De la tabla 2.2 se obtienen los valores cercanos, por ejemplo, para  $20^\circ$  y 985 mb, la velocidad es del orden de 105 km/h, al aumentar la mitad de la velocidad de desplazamiento:

$$V = 120 \text{ Km/h}$$

$$h = 1.703620166$$

#### Cálculos de Ciclón Tropical Categoría 2

$$p_0 = 965 \text{ mbar}$$

$$\phi = 20$$

Como no se dispone del valor del radio de máximo viento, se estima por medio de la ecuación 2.2

$$R = 48.95834219$$

Para la latitud  $20^\circ$  N y longitud  $105^\circ$  W, de la figura 2.6 se considera que  $V_d = 30$  Km/h

Usando la ecuación 2.1

$$V = 143.1332094 \text{ Km/h}$$

Por medio de la figura 2.5 se aprecia que, para  $p_0 = 965$  mb, la velocidad del viento para un ciclón estacionario es del orden de 140 km/h, por lo que al sumar la mitad de la velocidad de desplazamiento  $0.5 (30) = 15$  km/h, queda

$$V = 155 \text{ Km/h}$$

De la tabla 2.2 se obtienen los valores cercanos, por ejemplo, para  $20^\circ$  y 965 mb, la velocidad es del orden de 135 km/h, al aumentar la mitad de la velocidad de desplazamiento

$$V = 150 \text{ Km/h}$$

$$h = 2.17045783$$

#### Cálculos de Ciclón Tropical Categoría 3

$$p_0 = 945 \text{ mbar}$$

$$\phi = 20$$

Como no se dispone del valor del radio de máximo viento, se estima por medio de la ecuación 2.2

$$R = 38.85239713$$

Para la latitud  $20^\circ$  N y longitud  $105^\circ$  W, de la figura 2.6 se considera que  $V_d = 30$  Km/h

Usando la ecuación 2.1

$$V = 172.150505 \text{ Km/h}$$

Por medio de la figura 2.5 se aprecia que, para  $p_0 = 945$  mb, la velocidad del viento para un ciclón estacionario es del orden de 155 km/h, por lo que al sumar la mitad de la velocidad de desplazamiento  $0.5 (30) = 15$  km/h, queda

$$V = 170 \text{ Km/h}$$

De la tabla 2.2 se obtienen los valores cercanos, por ejemplo, para  $20^\circ$  y 945 mb, la velocidad es del orden de 150 km/h, al aumentar la mitad de la velocidad de desplazamiento

$$V = 165 \text{ Km/h}$$

$$h = 2.862219031$$

Cálculos de Ciclón Tropical Categoría 4

$$p_0 = 920 \text{ mbar}$$

$$\phi = 20$$

Como no se dispone del valor del radio de máximo viento, se estima por medio de la ecuación 2.2

$$R = 29.10091966$$

Para la latitud  $20^\circ$  N y longitud  $105^\circ$  W, de la figura 2.6 se considera que  $V_d = 30$  Km/h

Usando la ecuación 2.1

$$V = 202.6862771 \text{ Km/h}$$

Por medio de la figura 2.5 se aprecia que, para  $p_0 = 920$  mb, la velocidad del viento para un ciclón estacionario es del orden de 180 km/h, por lo que al sumar la mitad de la velocidad de desplazamiento  $0.5 (30) = 15$  km/h, queda

$$V = 195 \text{ Km/h}$$

De la tabla 2.2 se obtienen los valores cercanos, por ejemplo, para  $20^\circ$  y 920 mb, la velocidad es del orden de 180 km/h, al aumentar la mitad de la velocidad de desplazamiento

$$V = 195 \text{ Km/h}$$

$$h = 3.804089959$$



### Cálculos de Ciclón Tropical Categoría 5

$$p_0 = 882 \text{ mbar}$$

$$\phi = 20$$

Como no se dispone del valor del radio de máximo viento, se estima por medio de la ecuación 2.2

$$R = 18.75555128$$

Para la latitud  $20^\circ$  N y longitud  $105^\circ$  W, de la figura 2.6 se considera que  $V_d = 30$  Km/h

Usando la ecuación 2.1

$$V = 241.526825 \text{ Km/h}$$

$$h = 5.338884449$$



H. X AYUNTAMIENTO  
2017 - 2021

**Bahía de Banderas**   
Juntos progresamos