Atlas de Riesgo del Municipio de Benito Juárez,

Quintana Roo



Diciembre 2018

Versión final

Centro de Información Geográfica

División de Ciencias e Ingeniería

Universidad de Quintana Roo

Boulevard Bahía S/N Esq. Ignacio Comonfort

Chetumal, Quintana Roo

Tel: (983) 8350374

cig@uqroo.mx

CONTENIDO

FASE I. MARCO TEÓRICO 7

1.1. Introducción, antecedentes, objetivo y alcances 7

1.2. Mapa Base.....9

1.3 Determinación de niveles de análisis y escalas de representación cartográfica.....11

1.4 Caracterización de los elementos del medio.....12

Fisiografía.....12

Geomorfología.....13

Geología 14

Edafología 17

Hidrografía, cuencas y subcuencas.....19

Clima 22

Uso de suelo y vegetación 30

Áreas Naturales Protegidas 31

1.5 Caracterización de los elementos sociales, económicos y demográficos del municipio de Benito Juárez, Quintana Roo 37

Dinámica demográfica.....37

Proyección al 2010 - 2030 (por municipio según CONAPO).....38

Distribución de población (por municipio) 38

Características sociales 39

Características de la vivienda.....43

Infraestructura 47

1.6 Caracterización de los elementos sociales, económicos y demográficos de la ciudad de Cancún, Quintana Roo por Distrito 50

FASE II. IDENTIFICACIÓN DE LA SUCEPTIBILIDAD Y LOS PELIGROS ANTE FENÓMENOS PERTURBADORES DE ORIGEN NATURAL 107

2.1 Fenómenos Geológicos 107

Vulcanismo 107

Sismicidad.....109

Tsunamis.....113

Procesos de Remoción en Masa: Inestabilidad de laderas, Flujos y Caídos o Derrumbes..... 122

Hundimientos..... 138

Subsidencias..... 141

Agrietamientos..... 145

2.2. Fenómenos hidrometeorológicos 148

Ondas cálidas y gélidas..... 148

Temperaturas máximas 150

Temperaturas mínimas 168

Sequías 182

Heladas 193

Tormentas de granizo 193

Ciclones tropicales..... 193

Tornados..... 218

Tormentas severas..... 221

Tormentas eléctricas..... 223

Lluvias extremas, inundaciones pluviales, fluviales, costeras y lacustres. 227

FASE III. VULNERABILIDAD.....254

3.1 Vulnerabilidad Social 254

Análisis a nivel municipal..... 254

Cálculo del indicador de Vulnerabilidad social 259

Capacidad de respuesta 264

Percepción local del riesgo..... 265

Operación para obtener el grado de vulnerabilidad social 268

3.2 Vulnerabilidad física 269

FASE IV. RIESGO / EXPOSICIÓN 273

4.1 El Riesgo y sus componentes 273

4.2 Cálculo del riesgo 273

4.3 Riesgo por deslizamiento de laderas 274

4.4 Riesgo por subsidencias..... 276

4.5 Riesgo por ciclones tropicales..... 278

4.6 Riesgo por inundación pluvial..... 280

4.7 Riesgo por inundación de marea de tormenta 282

8. Referencias bibliográficas.....284

9. Glosario 288

Índice de Figuras

Figura 1. Paisaje Kárstico..... 15
Figura 2. Sistemas de fallas y fracturas para Quintana Roo..... 15
Figura 2. Sistemas de fallas y fracturas para Quintana Roo..... 15
Figura 3. Regiones hidrológicas 19
Figura 4. Límite de placas tectónicas.....110
Figura 5. Sismos importantes para la República Mexicana 2017. 110
Figura 6. *Fosa de los Caimán* 111
Figura 7*. Regionalización sísmica de la República Mexicana*.....111
Figura 8. Sismos registrados cercanos al Municipio de Benito Juárez 112
Figura 9. Aceleraciones máximas del terreno para un periodo de retorno de 10 años (CENAPRED, 2004).....112
Figura 10. Aceleraciones máximas del terreno para un periodo de retorno de 50 años (CENAPRED, 2004).....112
Figura 11. Aceleraciones máximas del terreno para un periodo de retorno de 500 años (CENAPRED, 2004).....113
Figura 12. Aceleraciones máximas del terreno para un periodo de retorno de 1000 años (CENAPRED, 2004).....113
Figura 13. En aguas profundas, a menudo un tsunami tiene solo decenas de centímetros de altura, ...114
Figura 14. Mapa mostrando la Placa del Caribe sus bordes y las placas adyacentes.....115
Figura 15. Lugares de las costas del Caribe que registraron una altura 116
Figura 16. Tiempo de propagación de tsunami con origen en Puerto Rico (1918/10/11). 117
Figura 17. Tiempo de propagación horas de tsunami con origen en Haití (2010/1/12). 117
Figura 18. Parámetros físicos y geométricos de la onda de tsunami.....118
Figura 19. Cota de máxima inundación R.....119
Figura 20. A) los caídos de rocas o B) derrumbes obedecen mayoritariamente a pendientes 123
Figura 21*. Los flujos o avalanchas dependen de la saturación del suelo por un fluido, por su parte el creep, es un movimiento sumamente lento pero persistente de suelo aparentemente sin una superficie de falla bien definida (Highland y Bobrowsky, 2008).* 124
Figura 22. Un lahar hace referencia a una avalancha de productos volcánicos, al ser un flujo en su mayoría busca los cauces de los ríos para seguir su trayectoria. Pueden ser fríos o calientes, dependiendo de las condiciones volcánicas, así como del material que arrastre, altamente destructivos debido a la gran velocidad que toman y a su alta densidad.....124
Figura 23*. A) los deslizamientos rotacionales y B) traslacionales definen su ocurrencia por el comportamiento de la superficie de falla del material remanente de una pendiente (Highland y Bobrowsky, 2008).* 125
Figura 24. Modelo Digital del Terreno de Benito Juárez. 128
Figura 25. Pendiente del terreno. 129
Figura 26. Orientación de laderas 130
Figura 27. Altura promedio del terreno 131
Figura 28. Litología..... 132
Figura 29. Tipos de rocas y suelo. 133
Figura 30. Depresiones kársticas en Quintana Roo con base en Fragoso-Servón, et al. (2014). 134
Figura 31. Uso de suelo y vegetación. 135
Figura 32. Régimen de inundación 136
Figura 33. Paisaje kárstico. 139
Figura 34. Dolina en ventana, formada por colapso brusco (hundimiento)..... 140
Figura 35. Se observa una dolina que no ha colapsado y otra ya abierta. Además, se aprecia el agua dulce sobre el agua salada, se marca el nivel freático. 141
Figura 36. La subsidencia puede darse por actuación antrópica, como es la situación de labores mineras..... 142
Figura 37. Desencadenantes antrópicos: por carga. 145
Figura 38. Aparición de temperaturas altas máximas, mínimas y ondas de calor (OC). 149
Figura 39. Formación de ciclones tropicales en el mundo. 194
Figura 40. Organización de los fenómenos atmosféricos en latitudes tropicales. 195
Figura 41. Anatomía de un huracán..... 196
Figura 42. Huracán Gilberto tocando tierra en Cozumel, México. 199
Figura 43. Huracán Wilma (2005). 199
Figura 44. Máxima velocidad de traslación de los ciclones tropicales en el Atlántico 204
Figura 45. Anatomía de un tornado. 219
Figura 46. Nubes de tormenta sobre la zona hotelera de Cancún. 221
Figura 47. Fotografías de la inundación en la localidad de Cancún..... 241
Figura 48. Altitud del terreno sobre el nivel del mar, escala 1: 50,000. Tamaño de píxel de 15 metros. 241
Figura 49. Isoyetas de altura máxima – Periodos de retorno (SCT). 242
Figura 50. Cuencas hidrográficas generadas a partir del MDE. 244
Figura 51. Red de drenaje generada a partir del MDE. 245
Figura 52. Flujos centrales de las cuencas hidrográficas generadas a partir del MDE.246

Índice de Tablas

Tabla 1. Declaratorias de emergencias y desastres para el municipio de Benito Juárez..... 8
Tabla 2. Escalas y niveles de análisis para el manejo de mapas del Atlas Geológicos..... 11
Tabla 3. Escalas y niveles de análisis para el manejo de mapas del Atlas Hidrometeorológicos..... 11
Tabla 4. Unidades geológicas del municipio de Benito Juárez..... 15
Tabla 5. Áreas Naturales Protegidas..... 34
Tabla 6. Análisis comparativo de la población de la Entidad con respecto al Municipio. 37
Tabla 7. Proyección de la población para el municipio de Benito Juárez, 2010 – 2030. .. 38
Tabla 8. Tasa de distribución anual de población del municipio de Benito Juárez..... 38
Tabla 9. Densidad de población, Municipio de Benito Juárez 39
Tabla 10. Lengua indígena más frecuente en el municipio de Benito Juárez 41
Tabla 11. Distribución porcentual según condición de afiliación a servicio de salud del municipio de Benito Juárez 41
Tabla 12. Mortalidad general por edad especifica 42
Tabla 13. Hacinamiento del Municipio de Benito Juárez 43
Tabla 14. Índice y grado de marginación del municipio de Benito Juárez..... 43
Tabla 15. Deficiencia en la cobertura en servicios básicos en la vivienda del municipio de Benito Juárez 46
Tabla 16. Población ocupada y su distribución porcentual según división ocupacional. 47
Tabla 17. Población ocupada y su distribución porcentual según sector de actividad económica 47
Tabla 18. Población ocupada y su distribución porcentual según ingreso por trabajo .. 47
Tabla 19. Espacios culturales del Municipio de Benito Juárez..... 47
Tabla 20. Planteles, aulas, bibliotecas, laboratorios, talleres y anexos..... 48
Tabla 21. Centros y unidades deportivas registradas en la Comisión 48
Tabla 22. Establecimientos de hospedaje del Municipio de Benito Juárez 48
Tabla 23. Establecimientos al 31 de diciembre de 2016. Municipio de Benito Juárez 49
Tabla 24. Unidades médicas de las instituciones del sector público de salud. 49
Tabla 25. Unidades de gasolineras. Municipio de Benito Juárez 49
Tabla 26. Establecimientos que prestan servicios relacionados con el turismo 49
Tabla 27. Densidad de población, Distrito 1 50
Tabla 28. Infraestructura de salud, Distrito 1..... 52
Tabla 29. Categorías de los establecimientos, Distrito 1..... 52
Tabla 30. Densidad de población, Distrito 2 53
Tabla 31. Infraestructura de salud, Distrito 2..... 55
Tabla 32. Categorías de los establecimientos, Distrito 2..... 55
Tabla 33. Densidad de población, Distrito 3 56
Tabla 34. Infraestructura de salud, Distrito 3..... 58
Tabla 35. Categorías de los establecimientos, Distrito 3..... 58
Tabla 36. Densidad de población, Distrito 4 59
Tabla 37. Infraestructura de salud, Distrito 4..... 61
Tabla 38. Categorías de los establecimientos, Distrito 4..... 61
Tabla 39. Densidad de población, Distrito 5 62
Tabla 40. Infraestructura de salud, Distrito 5..... 64
Tabla 41. Categorías de los establecimientos, Distrito 5..... 64
Tabla 42. Densidad de población, Distrito 6 65
Tabla 43. Infraestructura de salud, Distrito 6..... 67
Tabla 44. Categorías de los establecimientos, Distrito 6..... 67
Tabla 45. Densidad de población, Distrito 7 68
Tabla 46. Infraestructura de salud, Distrito 7..... 70
Tabla 47. Categorías de los establecimientos, Distrito 7..... 70
Tabla 48. Densidad de población, Distrito 8 71
Tabla 49. Infraestructura de salud, Distrito 8..... 73
Tabla 50. Categorías de los establecimientos, Distrito 8..... 73
Tabla 51. Densidad de población, Distrito 9 74
Tabla 52. Infraestructura de salud, Distrito 9..... 76
Tabla 53. Categorías de los establecimientos, Distrito 9..... 76
Tabla 54. Densidad de población, Distrito 10 77
Tabla 55. Infraestructura de salud, Distrito 10..... 79
Tabla 56. Categorías de los establecimientos, Distrito 10..... 79
Tabla 57. Densidad de población, Distrito 11 80
Tabla 58. Infraestructura de salud, Distrito 11..... 82
Tabla 59. Categorías de los establecimientos, Distrito 11..... 82
Tabla 60. Densidad de población, Distrito 12 83
Tabla 61. Infraestructura de salud, Distrito 12..... 85
Tabla 62. Categorías de los establecimientos, Distrito 12..... 85

Tabla 63. Densidad de población, Distrito 13 86
Tabla 64. Infraestructura de salud, Distrito 13 88
Tabla 65. Categorías de los establecimientos, Distrito 13 88
Tabla 66. Densidad de población, Distrito 14 89
Tabla 67. Infraestructura de salud, Distrito 14 91
Tabla 68. Categorías de los establecimientos, Distrito 14 91
Tabla 69. Densidad de población, Distrito 16 93
Tabla 70. Infraestructura de salud, Distrito 16 95
Tabla 71. Categorías de los establecimientos, Distrito 16 95
Tabla 72. Densidad de población, Distrito 17 96
Tabla 73. Infraestructura de salud, Distrito 17 98
Tabla 74. Categorías de los establecimientos, Distrito 17 98
Tabla 75. Densidad de población, Distrito 18 99
Tabla 76. Infraestructura educativa 101
Tabla 77. Infraestructura de salud, Distrito 18 101
Tabla 78. Categorías de los establecimientos, Distrito 18 101
Tabla 79. Infraestructura de salud 105
Tabla 80. Categorías de los establecimientos 105
Tabla 81. Volcanes activos en la región sureste de México y norte de Centroamérica 107
Tabla 82. Sismos registrados cercanos al Municipio de Benito Juárez 113
Tabla 83. Lugares de registró de propagación de recorrido de tsunami en la región sureste de México y Centroamérica. 116
Tabla 84. Diferencias tsunamis y olas comunes 118
Tabla 85. Escala de grados de Tsunami según Inamura y Lida, transcrita por Wiegel. 119
Tabla 86. Velocidad de propagación para la costa de Benito Juárez. 121
Tabla 87. Factores topográficos e históricos. 126
Tabla 88. Factores geológicos y geotécnicos. 127
Tabla 89. Factores geomorfológicos y ambientales. 127
Tabla 90. Escala de valor para el cálculo de deslizamiento de laderas. 128
Tabla 91. Litología del municipio de Benito Juárez. 132
Tabla 92. Asignación de pesos en cada zona identificada y analizada. 137
Tabla 93. Estaciones meteorológicas utilizadas en los análisis climáticos del municipio de Benito Juárez. 150
Tabla 94. Promedio de la temperatura máxima registrada en las estaciones meteorológicas (1961-2017). 151
Tabla 95. Casos asociados a temperaturas extremas por municipio para Quintana Roo. 152
Tabla 96. Defunciones asociadas a temperaturas naturales extremas. 152
Tabla 97. Promedio de la temperatura mínima registrada en las estaciones meteorológicas (1961-2017). 168
Tabla 98. Probabilidad de ocurrencia del SPI 184
Tabla 99. Intensidad de sequía para Benito Juárez. 189
Tabla 100. Escala Saffir-Simpson 197
Tabla 101. Daños causados por el Huracán Gilberto 1988. 198
Tabla 102. Trayectorias históricas de los ciclones tropicales que pasaron sobre el territorio del municipio de Benito Juárez (1857 – 2011) 201
Tabla 103. Alturas promedio de la marea de tormenta en la costa de Benito Juárez. 211
Tabla 104. Superficie de las cuencas generadas. 244
Tabla 105. Pendiente y longitud de los cauces principales. 246
Tabla 106. Tiempos de concentración de cada cuenca. 247
Tabla 107. Valor de la precipitación para un periodo de lluvia igual al tiempo de concentración de la cuenca (Hp), ... 248
Tabla 108. Indicadores socioeconómicos de salud del Municipio de Benito Juárez. 255
Tabla 109. Indicadores socioeconómicos de educación del Municipio de Benito Juárez 256
Tabla 110. Indicadores socioeconómicos de vivienda del Municipio de Benito Juárez. 257
Tabla 111. Indicadores socioeconómicos de Empleo e Ingresos del Municipio de Benito Juárez 258
Tabla 112. Indicadores socioeconómicos de Población del Municipio de Benito Juárez. 259
Tabla 113. Promedios por categoría y calificación final de las características socioeconómicas. Municipio de Benito Juárez 260
Tabla 114. Promedios por categoría y calificación final de las características socioeconómicas. Municipio de Felipe Carrillo Puerto 260
Tabla 115. Análisis de vulnerabilidad de la ciudad de Cancún por distritos 261
Tabla 116. Rangos de la capacidad de prevención y respuesta. 264
Tabla 117. Capacidad de respuesta de la Unidad Municipal de Protección Civil del Municipio de Benito Juárez 264
Tabla 118. Rangos de percepción local del riesgo 266
Tabla 119. Percepción local del riesgo y su valor de vulnerabilidad por Distrito 266
Tabla 120. Grado de vulnerabilidad social 268
Tabla 121. Resultado final para determinar el grado de vulnerabilidad social en el municipio de Benito Juárez 268
Tabla 122. Resultado final para determinar el grado de vulnerabilidad social por Distrito en Benito Juárez. 268
Tabla 123. Vulnerabilidad física por manzana. 270
Tabla 124. Estimación cualitativa del nivel de riesgo a partir de los valores de vulnerabilidad y peligro 274
Tabla 125. Estimación cualitativa del nivel de riesgo a partir de los valores de vulnerabilidad y peligro 276
Tabla 126. Población y vivienda en riesgo por huracanes a nivel de distrito 279
Tabla 127. Población y vivienda en riesgo por inundaciones a nivel de distrito 281
Tabla 128. Población y vivienda en riesgo por inundaciones a nivel de distrito 283

Índice de Mapas

MAPA I.2.1. MAPA BASE 10
MAPA I.4.1. FISIOGRAFÍA 13
MAPA I.4.2. GEOLOGÍA 16
MAPA I.4.3. EDAFOLOGÍA 18
MAPA I.4.4. CUENCAS HIDROLÓGICAS 20
MAPA I.4.5. CORRIENTE Y CUERPOS DE AGUA 21
MAPA I.4.6. CLIMATOLOGÍA 23
MAPA I.4.7. PRECIPITACIÓN PROMEDIO ANUAL (1961-2017) 24
MAPA I.4.8. TEMPERATURA MEDIA ANUAL (1961-2017) 25
MAPA I.4.9. ESCENARIO DE TEMPERATURA A 2020 27
MAPA I.4.10. ESCENARIO DE PRECIPITACIÓN A 2020 28
MAPA I.4.11. ESCENARIO DE SEQUÍA A 2020 29
MAPA I.4.12. USO DE SUELO Y VEGETACIÓN 31
MAPA I.4.13. ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS 35
MAPA I.6.1. DISTRITOS DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ 106
MAPA II.1.1. VOLCANES ACTIVOS MÁS CERCANOS 108
MAPA II.1.2. BATIMÉTRICO DE LA COSTA DE BENITO JUÁREZ 120
MAPA II.1.3. SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO DE LADERAS 138
MAPA II.1.4. PELIGRO DE SUBSIDENCIA 144
MAPA II.1.5. PELIGRO DE AGRIETAMIENTOS 147
MAPA II.2.1. ESTACIONES METEOROLÓGICAS 153
MAPA II.2.2. TEMPERATURA MÁXIMA PROMEDIO MENSUAL DE ENERO (1961-2017) 155
MAPA II.2.3. TEMPERATURA MÁXIMA PROMEDIO MENSUAL DE FEBRERO (1961-2017) 156
MAPA II.2.4. TEMPERATURA MÁXIMA PROMEDIO MENSUAL DE MARZO (1961-2017) 157
MAPA II.2.5. TEMPERATURA MÁXIMA PROMEDIO MENSUAL DE ABRIL (1961-2017) 158
MAPA II.2.6. TEMPERATURA MÁXIMA PROMEDIO MENSUAL DE MAYO (1961-2017) 159
MAPA II.2.7. TEMPERATURA MÁXIMA PROMEDIO MENSUAL DE JUNIO (1961-2017) 160
MAPA II.2.8. TEMPERATURA MÁXIMA PROMEDIO MENSUAL DE JULIO (1961-2017) 161
MAPA II.2.9. TEMPERATURA MÁXIMA PROMEDIO MENSUAL DE AGOSTO (1961-2017) 162
MAPA II.2.10. TEMPERATURA MÁXIMA PROMEDIO MENSUAL DE SEPTIEMBRE (1961-2017) 163
MAPA II.2.11. TEMPERATURA MÁXIMA PROMEDIO MENSUAL DE OCTUBRE (1961-2017) 164
MAPA II.2.12. TEMPERATURA MÁXIMA PROMEDIO MENSUAL DE NOVIEMBRE (1961-2017) 165
MAPA II.2.13. TEMPERATURA MÁXIMA PROMEDIO MENSUAL DE DICIEMBRE (1961-2017) 166
MAPA II.2.14. PELIGRO POR TEMPERATURAS MÁXIMAS PROMEDIO ANUAL (1961-2017) 167
MAPA II.2.15. TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO MENSUAL DE ENERO (1961-2017) 170
MAPA II.2.16. TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO MENSUAL DE FEBRERO (1961-2017) 171
MAPA II.2.17. TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO MENSUAL DE MARZO (1961-2017) 172
MAPA II.2.18. TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO MENSUAL DE ABRIL (1961-2017) 173
MAPA II.2.19. TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO MENSUAL DE MAYO (1961-2017) 174
MAPA II.2.20. TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO MENSUAL DE JUNIO (1961-2017) 175
MAPA II.2.21. TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO MENSUAL DE JULIO (1961-2017) 176
MAPA II.2.22. TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO MENSUAL DE AGOSTO (1961-2017) 177
MAPA II.2.23. TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO MENSUAL DE SEPTIEMBRE (1961-2017) 178
MAPA II.2.24. TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO MENSUAL DE OCTUBRE (1961-2017) 179
MAPA II.2.25. TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO MENSUAL DE NOVIEMBRE (1961-2017) 180
MAPA II.2.26. TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO MENSUAL DE DICIEMBRE (1961-2017) 181
MAPA II.2.27. PELIGRO POR TEMPERATURAS MÍNIMAS PROMEDIO ANUAL (1961-2017) 182
MAPA II.2.28. PELIGRO DE SEQUÍA SPI 1 MES 186
MAPA II.2.29. PELIGRO DE SEQUÍA SPI 3 MESES 187
MAPA II.2.30. PELIGRO DE SEQUÍA SPI 6 MESES 188
MAPA II.2.31. MONITOR DE SEQUÍA 2007 190
MAPA II.2.32. MONITOR DE SEQUÍA FEBRERO-MAYO-DICIEMBRE 2008 191
MAPA II.2.33. MONITOR DE SEQUÍA DICIEMBRE 2018 192
MAPA II.2.34. TRAYECTORIA DE HURACANES Y FENÓMENOS TROPICALES (1857-2011) 203
MAPA II.2.35. PERIODO DE RETORNO POR INTENSIDAD: DEPRESIONES TROPICALES 205
MAPA II.2.36. PERIODO DE RETORNO POR INTENSIDAD: TORMENTAS TROPICALES 206
MAPA II.2.37. PERIODO DE RETORNO POR INTENSIDAD: HURACÁN CATEGORÍA 1 207
MAPA II.2.38. PERIODO DE RETORNO POR INTENSIDAD: HURACÁN CATEGORÍA 2 208
MAPA II.2.39. PERIODO DE RETORNO POR INTENSIDAD: HURACÁN CATEGORÍA 3 209
MAPA II.2.40. ÍNDICE DE PELIGRO POR CICLONES TROPICALES (IPCT) 210
MAPA II.2.41. INUNDACIÓN POR MAREA DE TORMENTA PARA UNA DEPRESIÓN TROPICAL 212
MAPA II.2.42. INUNDACIÓN POR MAREA DE TORMENTA PARA UNA TORMENTA TROPICAL 213
MAPA II.2.43. INUNDACIÓN POR MAREA DE TORMENTA PARA UN HURACÁN CATEGORÍA 1 214
MAPA II.2.44. INUNDACIÓN POR MAREA DE TORMENTA PARA UN HURACÁN CATEGORÍA 2 215
MAPA II.2.45. INUNDACIÓN POR MAREA DE TORMENTA PARA UN HURACÁN CATEGORÍA 3 216
MAPA II.2.46. INUNDACIÓN POR MAREA DE TORMENTA PARA UN HURACÁN CATEGORÍA 4 217
MAPA II.2.47. INUNDACIÓN POR MAREA DE TORMENTA PARA UN HURACÁN CATEGORÍA 5 218
MAPA II.2.48. PROMEDIO MENSUAL DE DESCARGAS ELÉCTRICAS NUBE-TIERRA 225
MAPA II.2.49. PELIGRO POR TORMENTAS ELÉCTRICAS 226
MAPA II.2.50. PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL (1961-2017): ENERO 229
MAPA II.2.51. PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL (1961-2017): FEBRERO 230
MAPA II.2.52. PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL (1961-2017): MARZO 231
MAPA II.2.53. PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL (1961-2017): ABRIL 232
MAPA II.2.54. PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL (1961-2017): MAYO 233
MAPA II.2.55. PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL (1961-2017): JUNIO 234
MAPA II.2.56. PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL (1961-2017): JULIO 235
MAPA II.2.57. PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL (1961-2017): AGOSTO 236

MAPA II.2.58. PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL (1961-2017): SEPTIEMBRE.....237
MAPA II.2.59. PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL (1961-2017): OCTUBRE.....238
MAPA II.2.60. PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL (1961-2017): NOVIEMBRE.....239
MAPA II.2.61. PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL (1961-2017): DICIEMBRE.....240
MAPA II.2.62. INUNDACIÓN PLUVIAL – PERIODO DE RETORNO 10 AÑOS.....250
MAPA II.2.63. INUNDACIÓN PLUVIAL – PERIODO DE RETORNO 25 AÑOS. 251
MAPA II.2.64. INUNDACIÓN PLUVIAL – PERIODO DE RETORNO 50 AÑOS 252
MAPA II.2.65. INUNDACIÓN PLUVIAL – PERIODO DE RETORNO 100 AÑOS 253
MAPA III.1.1. VULNERABILIDAD SOCIAL POR DISTRITOS.....263
MAPA III.1.2. VULNERABILIDAD POR PERCEPCIÓN DE RIESGO DEL RIESGO POR DISTRITOS 267
MAPA III.1.3. GRADO DE VULNERABILIDAD SOCIAL POR DISTRITOS 269
MAPA III.2.1. VULNERABILIDAD FÍSICA POR MANZANA.....271
MAPA III.2.2. VULNERABILIDAD FÍSICA POR DISTRITOS.....272
MAPA IV.1.1. RIESGO POR DESLIZAMIENTO DE LADERAS A NIVEL DISTRITO.....275
MAPA IV.1.2. RIESGO POR SUBSIDENCIAS A NIVEL DE DISTRITO.....277
MAPA IV.2.1. RIESGO POR HURACANES A NIVEL DE DISTRITO.....279
MAPA IV.2.2. RIESGO POR INUNDACIÓN PLUVIAL A NIVEL DE DISTRITO.....281
MAPA IV.2.3 RIESGO DE INUNDACIÓN POR MAREA DE TORMENTA A NIVEL DE DISTRITO 283

Índice de Gráficas

Gráfica 1. Climograma de la estación meteorológica en Cancún (SMN) 24
Gráfica 2. Análisis comparativo de la población de la Entidad con respecto al Municipio. 37
Gráfica 3. Composición de la población por edad según sexo 2015, Municipio de Benito Juárez..... 38
Gráfica 4. Distribución de la población de 15 años y más según nivel de escolaridad, Municipio de Benito Juárez 39
Gráfica 5. Distribución porcentual de la población con discapacidad por tipo de limitación del municipio de Benito Juárez. 40
Gráfica 6. Pobreza del municipio de Benito Juárez 42
Gráfica 7. Viviendas con materiales precarios de construcción 44
Gráfica 8. Disponibilidad de servicios en la vivienda 44
Gráfica 9. Tenencia de la vivienda del Municipio de Benito Juárez..... 45
Gráfica 10. Disponibilidad de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en el municipio de Benito Juárez 45
Gráfica 11. Población económicamente activa según sexo del Municipio de Benito Juárez 46
Gráfica 12. Composición de la población por edad, Distrito 1 50
Gráfica 13. Tasa de inasistencia escolar por grupo de edad, Distrito 1..... 51
Gráfica 14. Población de 15 años y más según escolaridad, Distrito 1 51
Gráfica 15. Distribución porcentual de la población con discapacidad por tipo de limitación, Distrito 1..... 51
Gráfica 16. Distribución porcentual según condición de afiliación a servicio de salud, Distrito 1..... 51
Gráfica 17. Disponibilidad de servicios en la vivienda, Distrito 1..... 52
Gráfica 18. Disponibilidad de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la vivienda, Distrito 1..... 52
Gráfica 19. Población económicamente activa según sexo, Distrito 1..... 52
Gráfica 20. Infraestructura educativa, Distrito 1..... 52
Gráfica 21. Composición de la población por edad, Distrito 2 53
Gráfica 22. Tasa de inasistencia escolar por grupo de edad, Distrito 2..... 53
Gráfica 23. Población de 15 años y más según escolaridad, Distrito 2 54
Gráfica 24. Distribución porcentual de la población con discapacidad por tipo de limitación, Distrito 2..... 54
Gráfica 25. Distribución porcentual según condición de afiliación a servicio de salud, Distrito 2..... 54
Gráfica 26. Disponibilidad de servicios en la vivienda, Distrito 2..... 54
Gráfica 27. Disponibilidad de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la vivienda, Distrito 2..... 55
Gráfica 28. Población económicamente activa según sexo, Distrito 2..... 55
Gráfica 29. Infraestructura educativa, Distrito 2..... 55
Gráfica 30. Composición de la población por edad, Distrito 3 56
Gráfica 31. Tasa de inasistencia escolar por grupo de edad, Distrito 3..... 56
Gráfica 32. Población de 15 años y más según escolaridad, Distrito 3 57
Gráfica 33. Distribución porcentual de la población con discapacidad por tipo de limitación, Distrito 3..... 57
Gráfica 34. Distribución porcentual según condición de afiliación a servicio de salud, Distrito 3..... 57
Gráfica 35. Disponibilidad de servicios en la vivienda, Distrito 3..... 57
Gráfica 36. Disponibilidad de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la vivienda, Distrito 3..... 58
Gráfica 37. Población económicamente activa según sexo, Distrito 3..... 58
Gráfica 38. Infraestructura educativa, Distrito 3..... 58
Gráfica 39. Composición de la población por edad, Distrito 4 59
Gráfica 40. Tasa de inasistencia escolar por grupo de edad, Distrito 4..... 59
Gráfica 41. Población de 15 años y más según escolaridad, Distrito 4 60
Gráfica 42. Distribución porcentual de la población con discapacidad por tipo de limitación, Distrito 4..... 60
Gráfica 43. Distribución porcentual según condición de afiliación a servicio de salud, Distrito 4..... 60
Gráfica 44. Disponibilidad de servicios en la vivienda, Distrito 4..... 60
Gráfica 45. Disponibilidad de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la vivienda, Distrito 4..... 61
Gráfica 46. Población económicamente activa según sexo, Distrito 4..... 61
Gráfica 47. Infraestructura educativa, Distrito 4..... 61
Gráfica 48. Composición de la población por edad, Distrito 5 62
Gráfica 49. Tasa de inasistencia escolar por grupo de edad, Distrito 5..... 62
Gráfica 50. Población de 15 años y más según escolaridad, Distrito 5 63
Gráfica 51. Distribución porcentual de la población con discapacidad por tipo de limitación, Distrito 5..... 63
Gráfica 52. Distribución porcentual según condición de afiliación a servicio de salud, Distrito 5..... 63
Gráfica 53. Disponibilidad de servicios en la vivienda, Distrito 5..... 63
Gráfica 54. Disponibilidad de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la vivienda, Distrito 5..... 64
Gráfica 55. Población económicamente activa según sexo, Distrito 5..... 64
Gráfica 56. Infraestructura educativa, Distrito 5..... 64
Gráfica 57. Composición de la población por edad, Distrito 6 65
Gráfica 58. Tasa de inasistencia escolar por grupo de edad, Distrito 6..... 65
Gráfica 59. Población de 15 años y más según escolaridad, Distrito 6 66
Gráfica 60. Distribución porcentual de la población con discapacidad por tipo de limitación, Distrito 6..... 66
Gráfica 61. Distribución porcentual según condición de afiliación a servicio de salud, Distrito 6..... 66
Gráfica 62. Disponibilidad de servicios en la vivienda, Distrito 6..... 66
Gráfica 63. Disponibilidad de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la vivienda, Distrito 6..... 67
Gráfica 64. Población económicamente activa según sexo, Distrito 6..... 67
Gráfica 65. Infraestructura educativa, Distrito 6..... 67
Gráfica 66. Composición de la población por edad, Distrito 7 68
Gráfica 67. Tasa de inasistencia escolar por grupo de edad, Distrito 7..... 68
Gráfica 68. Población de 15 años y más según escolaridad, Distrito 7 69
Gráfica 69. Distribución porcentual de la población con discapacidad por tipo de limitación, Distrito 7..... 69
Gráfica 70. Distribución porcentual según condición de afiliación a servicio de salud, Distrito 7..... 69
Gráfica 71. Disponibilidad de servicios en la vivienda, Distrito 7..... 69
Gráfica 72. Disponibilidad de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la vivienda, Distrito 7..... 70
Gráfica 73. Población económicamente activa según sexo, Distrito 7..... 70
Gráfica 74. Infraestructura educativa, Distrito 7..... 70
Gráfica 75. Composición de la población por edad, Distrito 8 71
Gráfica 76. Tasa de inasistencia escolar por grupo de edad, Distrito 8..... 71
Gráfica 77. Población de 15 años y más según escolaridad, Distrito 8 72
Gráfica 78. Distribución porcentual de la población con discapacidad por tipo de limitación, Distrito 8..... 72
Gráfica 79. Distribución porcentual según condición de afiliación a servicio de salud, Distrito 8..... 72
Gráfica 80. Disponibilidad de servicios en la vivienda, Distrito 8..... 72
Gráfica 81. Disponibilidad de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la vivienda, Distrito 8..... 73
Gráfica 82. Población económicamente activa según sexo, Distrito 8..... 73
Gráfica 83. Infraestructura educativa, Distrito 8..... 73
Gráfica 84. Composición de la población por edad, Distrito 9 74
Gráfica 85. Tasa de inasistencia escolar por grupo de edad, Distrito 9..... 74
Gráfica 86. Población de 15 años y más según escolaridad, Distrito 9 75
Gráfica 87. Distribución porcentual de la población con discapacidad por tipo de limitación, Distrito 9..... 75
Gráfica 88. Distribución porcentual según condición de afiliación a servicio de salud, Distrito 9..... 75
Gráfica 89. Disponibilidad de servicios en la vivienda, Distrito 9..... 75
Gráfica 90. Disponibilidad de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la vivienda, Distrito 9..... 76
Gráfica 91. Población económicamente activa según sexo, Distrito 9..... 76
Gráfica 92. Infraestructura educativa, Distrito 9..... 76
Gráfica 93. Composición de la población por edad, Distrito 10 77
Gráfica 94. Tasa de inasistencia escolar por grupo de edad, Distrito 10..... 77
Gráfica 95. Población de 15 años y más según escolaridad, Distrito 10 78
Gráfica 96. Distribución porcentual de la población con discapacidad por tipo de limitación, Distrito 10..... 78
Gráfica 97. Distribución porcentual según condición de afiliación a servicio de salud, Distrito 10..... 78

Gráfica 98. Disponibilidad de servicios en la vivienda, Distrito 10 78
Gráfica 99. Disponibilidad de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la vivienda, Distrito 10 79
Gráfica 100. Población económicamente activa según sexo, Distrito 10 79
Gráfica 101. Infraestructura educativa, Distrito 10 79
Gráfica 102. Composición de la población por edad, Distrito 11 80
Gráfica 103. Tasa de inasistencia escolar por grupo de edad, Distrito 11 80
Gráfica 104. Población de 15 años y más según escolaridad, Distrito 11 81
Gráfica 105. Distribución porcentual de la población con discapacidad por tipo de limitación, Distrito 11 81
Gráfica 106. Distribución porcentual según condición de afiliación a servicio de salud, Distrito 11 81
Gráfica 107. Disponibilidad de servicios en la vivienda, Distrito 11 81
Gráfica 108. Disponibilidad de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la vivienda, Distrito 11 82
Gráfica 109. Población económicamente activa según sexo, Distrito 11 82
Gráfica 110. Infraestructura educativa, Distrito 11 82
Gráfica 111. Composición de la población por edad, Distrito 12 83
Gráfica 112. Tasa de inasistencia escolar por grupo de edad, Distrito 12 83
Gráfica 113. Población de 15 años y más según escolaridad, Distrito 12 84
Gráfica 114. Distribución porcentual de la población con discapacidad por tipo de limitación, Distrito 12 84
Gráfica 115. Distribución porcentual según condición de afiliación a servicio de salud, Distrito 12 84
Gráfica 116. Disponibilidad de servicios en la vivienda, Distrito 12 84
Gráfica 117. Disponibilidad de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la vivienda, Distrito 12 85
Gráfica 118. Población económicamente activa según sexo, Distrito 12 85
Gráfica 119. Infraestructura educativa, Distrito 12 85
Gráfica 120. Composición de la población por edad, Distrito 13 86
Gráfica 121. Tasa de inasistencia escolar por grupo de edad, Distrito 13 86
Gráfica 122. Población de 15 años y más según escolaridad, Distrito 13 87
Gráfica 123. Distribución porcentual de la población con discapacidad por tipo de limitación, Distrito 13 87
Gráfica 124. Distribución porcentual según condición de afiliación a servicio de salud, Distrito 13 87
Gráfica 125. Disponibilidad de servicios en la vivienda, Distrito 13 87
Gráfica 126. Disponibilidad de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la vivienda, Distrito 13 88
Gráfica 127. Población económicamente activa según sexo, Distrito 13 88
Gráfica 128. Infraestructura educativa, Distrito 13 88
Gráfica 129. Composición de la población por edad, Distrito 14 89
Gráfica 130. Tasa de inasistencia escolar por grupo de edad, Distrito 14 89
Gráfica 131. Población de 15 años y más según escolaridad, Distrito 14 90
Gráfica 132. Distribución porcentual de la población con discapacidad por tipo de limitación, Distrito 14 90
Gráfica 133. Distribución porcentual según condición de afiliación a servicio de salud, Distrito 14 90
Gráfica 134. Disponibilidad de servicios en la vivienda, Distrito 14 90
Gráfica 135. Disponibilidad de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la vivienda, Distrito 14 91
Gráfica 136. Población económicamente activa según sexo, Distrito 14 91
Gráfica 137. Infraestructura educativa, Distrito 14 91
Gráfica 138. Composición de la población por edad, Distrito 16 93
Gráfica 139. Tasa de inasistencia escolar por grupo de edad, Distrito 16 93
Gráfica 140. Población de 15 años y más según escolaridad, Distrito 16 94
Gráfica 141. Distribución porcentual de la población con discapacidad por tipo de limitación, Distrito 16 94
Gráfica 142. Distribución porcentual según condición de afiliación a servicio de salud, Distrito 16 94
Gráfica 143. Disponibilidad de servicios en la vivienda, Distrito 16 94
Gráfica 144. Disponibilidad de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la vivienda, Distrito 16 95
Gráfica 145. Población económicamente activa según sexo, Distrito 16 95
Gráfica 146. Infraestructura educativa, Distrito 16 95
Gráfica 147. Composición de la población por edad, Distrito 17 96
Gráfica 148. Tasa de inasistencia escolar por grupo de edad, Distrito 17 96
Gráfica 149. Población de 15 años y más según escolaridad, Distrito 17 97
Gráfica 150. Distribución porcentual de la población con discapacidad por tipo de limitación, Distrito 17 97
Gráfica 151. Distribución porcentual según condición de afiliación a servicio de salud, Distrito 17 97
Gráfica 152. Disponibilidad de servicios en la vivienda, Distrito 17 97
Gráfica 153. Disponibilidad de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la vivienda, Distrito 17 98
Gráfica 154. Población económicamente activa según sexo, Distrito 17 98
Gráfica 155. Infraestructura educativa, Distrito 17 98
Gráfica 156. Composición de la población por edad, Distrito 18 99
Gráfica 157. Tasa de inasistencia escolar por grupo de edad, Distrito 18 99
Gráfica 158. Población de 15 años y más según escolaridad, Distrito 18 100
Gráfica 159. Distribución porcentual de la población con discapacidad por tipo de limitación, Distrito 18 100
Gráfica 160. Distribución porcentual según condición de afiliación a servicio de salud, Distrito 18 100
Gráfica 161. Disponibilidad de servicios en la vivienda, Distrito 18 100
Gráfica 162. Disponibilidad de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la vivienda, Distrito 18 101
Gráfica 163. Población económicamente activa según sexo, Distrito 18 101
Gráfica 164. Composición de la población por edad 103
Gráfica 165. Tasa de inasistencia escolar por grupo de edad 103
Gráfica 166. Población de 15 años y más según escolaridad 103
Gráfica 167. Distribución porcentual de la población con discapacidad por tipo de limitación 104
Gráfica 168. Distribución porcentual según condición de afiliación a servicio de salud 104
Gráfica 169. Disponibilidad de servicios en la vivienda 104
Gráfica 170. Disponibilidad de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la vivienda 104
Gráfica 171. Población económicamente activa según sexo 105
Gráfica 172. Infraestructura educativa 105
Gráfica 173. Espesor de la capa de cenizas vs distancia alcanzada en kilómetros para columnas eruptivas de 11 kms o más (CENAPRED, 2014) 109
Gráfica 174. Vientos dominantes en el Volcán Chichonal (izquierda) y de Fuego (derecha) 109
Gráfica 175. Temperaturas máximas promedio mensual para el municipio de Benito Juárez (1961-2017). 150
Gráfica 176. Temperatura máxima promedio anual de 1961 a 2017 para Benito Juárez. 151
Gráfica 177. Temperaturas mínima promedio mensual para el municipio de Benito Juárez (1961-2017). 168
Gráfica 178. Temperatura mínima promedio anual (1961 a 2017). 169
Gráfica 179. SPI Mensual (1961 a 2017). 184
Gráfica 180. SPI 3 Meses (1961 a 2017). 185
Gráfica 181. SPI 6 Meses (1961 a 2017). 185
Gráfica 182. Número de tormentas severas anuales 222
Gráfica 183. Frecuencia mensual de tormentas severas. 223
Gráfica 184. Número de eventos importantes registrados a nivel mundial, 1980 -2017. 227
Gráfica 185. Climograma de la Estación Meteorológica Cancún ESIME. 228
Gráfica 186. Promedio de precipitación mensual por año, periodo 1981 – 2017. 241
Gráfica 187. Calificación final de las características socioeconómicas del municipio de Benito Juárez por categoría (Comparado con el municipio de Felipe Carrillo Puerto) 260
Gráfica 188. Comparativa de resultados de los indicadores socioeconómicos del municipio de Benito Juárez y Felipe Carrillo Puerto. 261

FASE I. MARCO TEÓRICO

1.1. Introducción, antecedentes, objetivo y alcances

Después del Marco de Acción de Hyogo se han logrado avances en la reducción del riesgo de desastres a nivel local, nacional, regional y mundial. Ha sido un instrumento importante para la sensibilización del público y las instituciones, para generar compromiso político y para impulsar acciones de los involucrados en la gestión del riesgo a todos los niveles.

Actualmente, el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030, que fue aprobado en la Tercera Conferencia Mundial de las Naciones Unidas sobre la Reducción del Riesgo de Desastres, celebrada del 14 al 18 de marzo de 2015 tiene como objetivo la *"reducción sustancial del riesgo de desastres y de las pérdidas ocasionadas por los desastres, tanto en vidas, medios de subsistencia y salud como en bienes económicos, físicos, sociales, culturales y ambientales de las personas, las empresas, las comunidades y los países"*.

La mayoría de los países se han comprometido firmemente en la aplicación y seguimiento de este Marco, México no es la excepción. El gobierno nacional tiene dentro de sus principales objetivos la reducción del riesgo por desastres, tal como lo señala el Marco de Sendai. La estrategia adoptada es la identificación y medición de los fenómenos perturbadores de origen natural, su nivel de peligro, la vulnerabilidad de la población y el riesgo; desde el ámbito local. Para ello, la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU) implementó el Programa de Prevención de Riesgos en los Asentamientos Humanos (PRAH). Este programa busca mitigar los efectos de los fenómenos perturbadores de origen natural y químico-tecnológicos, y evitar la ocupación del suelo en zonas no aptas para los asentamientos humanos; fortaleciendo la toma de decisiones y contribuyendo a la mejora de la calidad de vida de la población.

La elaboración de este Atlas de Riesgos forma parte de las actividades que el Programa de Prevención de Riesgos en los Asentamientos Humanos 2018 señala como prioritarias dentro de los municipios de la República Mexicana. Este Atlas contribuye con la visión y los propósitos del Programa de Desarrollo Municipal 2016–2018 sustentados en su quinto eje rector que busca llevar a cabo un crecimiento ordenado con sustentabilidad ambiental.

Este Atlas cuenta con unas series de mapas que representan la magnitud y ubicación del peligro o del riesgo para un sistema afectable. Inicialmente se hace una descripción del área de estudio (municipio de Benito Juárez); más adelante se describen y analizan los fenómenos perturbadores que podrían presentarse en el área de estudio; se caracterizan los elementos sociales, económicos y demográficos, es decir los elementos vulnerables ante la presencia de fenómenos perturbadores; en último capítulo se identifica el riesgo ante fenómenos perturbadores a partir de la integración y análisis de los elementos descritos en los capítulos anteriores.

Para la realización de este atlas, primero, se diseñó y construyó un Sistema de Información Geográfica (SIG) que integra los elementos de peligro, vulnerabilidad y riesgo. Los dos primeros a partir de datos base y levantamientos de datos en campo. El riesgo se obtiene a partir de los resultados derivados de un análisis espacial. Los mapas que integran el Atlas fueron creados a partir de este SIG y las bases de datos espaciales creadas pueden ser consultadas y actualizadas desde cualquier programa de cómputo de SIG.

Las principales fuentes de datos para este estudio fueron INEGI, COESPO, CONAPO, CONABIO, CONAGUA, SCT. Por otra parte, diversas dependencias del gobierno municipal aportaron datos muy valiosos y significativos. De igual manera, se desarrolló trabajo y levantamiento en campo para corroborar, corregir y actualizar datos de infraestructura urbana (áreas de vivienda, escuelas, edificios públicos, líneas de transmisión y de comunicación entre otras). Los límites de las zonas urbanas fueron actualizados a partir de imágenes de satélite y fotografía aérea. Adicionalmente se incluye como anexo la cartografía generada.

Como la mayoría de los municipios del Estado de Quintana Roo, el municipio de Benito Juárez se encuentra en la trayectoria de los sistemas hidrometeorológicos que se forman en el océano Atlántico cada temporada. Por lo que esta región del Estado ha sufrido del continuo paso de huracanes. Al menos cada cinco años se da la presencia de uno de estos. En 2005, con el paso del huracán Wilma, las localidades del municipio se vieron afectadas, pero principalmente la zona costera en donde se registraron graves afectaciones a la infraestructura turística y pública, así como la pérdida de playas.

En agosto de 2007, con el paso del huracán Dean, las actividades turísticas del municipio se vieron afectadas al declararse toda la costa de Quintana Roo en estado de emergencia. De acuerdo a algunas noticias posteriores a la fecha, se desplazaron más de 80,000 turistas que estaban en la zona. Después del paso de este huracán se observaron importantes cambios en la longitud de las playas (Martell-Dubois, et. al., 2012), en algunas zonas aumentó la acumulación de arena mientras que en otras se perdió casi la totalidad de la playa, situación que afecto el desarrollo de actividades turísticas.

Las lluvias severas han afectado en repetidas ocasiones al municipio, tal como sucedió en octubre de 2015 cuando el gobierno federal declaró estado de desastre natural para 7 de los 10 municipios en ese momento; incluido el de Benito Juárez. Esta declaratoria se debió a lluvias severas que, en algunas zonas de la ciudad de Cancún, como las colonias Lombardo Toledano y Donceles 28, hicieron que el agua entrara a las casas causando daños (tabla 1).

La declaratoria de emergencia más reciente es de mayo de 2016 (tabla 1), cuando se registraron vientos fuertes, con rachas de hasta 80 kilómetros por hora, ocasionando la caída de árboles, semáforos y anuncios espectaculares en la ciudad de Cancún. Debido a la velocidad del viento, algunas líneas de alta tensión chocaron entre si provocando explosiones por corto circuito.

Tabla 1. Declaratorias de emergencias y desastres para el municipio de Benito Juárez

Fecha de publicación	Fecha de ocurrencia	Tipo de declaratoria	Tipo de fenómeno	Clasificación del fenómeno	Observaciones
11/10/2002	20/09/2002	Emergencia	Ciclón Tropical	Hidrometeorológicos	Huracán "Isidore"
23/10/2002	22/09/2002	Desastre	Lluvias	Hidrometeorológicos	Lluvia Atípica, Afectaron el Patrimonio
03/12/2003	10/07/2003	Emergencia	Ciclón Tropical	Hidrometeorológicos	Tormenta Tropical "Claudette"
15/10/2004	11/09/2004	Emergencia	Ciclón Tropical	Hidrometeorológicos	Huracán "Ivan"
29/07/2005	16/07/2005	Emergencia	Ciclón Tropical	Hidrometeorológicos	Huracán "Emily"
05/08/2005	17/07/2005	Desastre	Ciclón Tropical	Hidrometeorológicos	Lluvias Extremas y Oleaje por Huracán "Emily"
31/10/2005	19/10/2005	Emergencia	Ciclón Tropical	Hidrometeorológicos	Huracán "Wilma"
28/11/2005	21/10/2005	Desastre	Ciclón Tropical	Hidrometeorológicos	Ciclón Tropical "Wilma"
28/08/2007	17/08/2007	Emergencia	Ciclón Tropical	Hidrometeorológicos	Huracán Dean
05/09/2007	20/08/2007	Desastre	Ciclón Tropical	Hidrometeorológicos	Huracán Dean
14/06/2013	03/06/2013	Emergencia	Lluvias	Hidrometeorológicos	Lluvia severa
18/06/2013	01/06/2013	Desastre	Lluvias	Hidrometeorológicos	Lluvia severa
25/11/2013	12/11/2013	Desastre	Lluvias	Hidrometeorológicos	Lluvia Severa e inundación fluvial
26/11/2013	12/11/2013	Emergencia	Lluvias	Hidrometeorológicos	Lluvia severa e inundación
11/06/2014	31/05/2014	Emergencia	Lluvias	Hidrometeorológicos	Lluvia severa, inundación fluvial y pluvial
13/06/2014	31/05/2014	Desastre	Lluvias	Hidrometeorológicos	Lluvia severa, inundación fluvial y pluvial
03/11/2014	22/10/2014	Desastre	Lluvias	Hidrometeorológicos	Lluvia severa
22/06/2015	13/06/2015	Desastre	Lluvias	Hidrometeorológicos	Lluvia severa y vientos fuertes
23/06/2015	01/06/2015	Emergencia	Lluvias	Hidrometeorológicos	Lluvia severa

Fecha de publicación	Fecha de ocurrencia	Tipo de declaratoria	Tipo de fenómeno	Clasificación del fenómeno	Observaciones
26/10/2015	16/10/2015	Desastre	Lluvias	Hidrometeorológicos	Lluvia severa
13/05/2016	13/05/2016	Emergencia	vientos	Hidrometeorológicos	Vientos fuertes

Fuente: DOF. Diario Oficial de la Federación (https://www.dof.gob.mx/).

El objetivo de este Atlas es que el Ayuntamiento de Benito Juárez, Quintana Roo cuente con un instrumento que permita identificar el tipo y grado de riesgos existentes en el municipio, de acuerdo con el origen natural de los mismos, así como contar con una herramienta geográfica que permita ubicar e identificar el tipo y grado de amenazas, susceptibilidad, peligros, riesgos y/o índice de exposición existente de acuerdo con el origen de los mismos a diferentes escalas, con el fin de diseñar estrategias que permitan, en escenarios futuros, reducir los efectos adversos ante una amenaza.

El área de estudio comprende los límites del municipio de Benito Juárez, Quintana Roo y sus principales localidades urbanas que son: Cancún y Alfredo V. Bonfil. Los límites del municipio de Benito Juárez se establecen en la fracción VI del artículo 128 de la Constitución Política del Estado de Quintana Roo, mismo que fue modificado el 6 de noviembre de 2015, siendo que el anterior polígono del municipio de Benito Juárez cedió el 53% de su superficie para la creación del municipio de Puerto Morelos.

Los datos de población y vivienda empleados corresponden a los años 2005, 2010 y 2015. Los datos espaciales corresponden a algún año del periodo 2005-2016. En aquellos casos donde no existen datos registrados, se presentan los datos para el municipio o el estado. Para este Atlas se ha omitido el estudio de algunos riesgos naturales, ya que las condiciones geográficas de la región hacen que este tipo de riesgos no se consideren como una amenaza. Estos son los relativos a fenómenos geológicos: deslizamientos, derrumbes, flujos (lodo, tierra y suelo, avalancha de detritos, creep, lahar). Asimismo, se excluye las nevadas relacionadas con los fenómenos hidrometeorológicos.

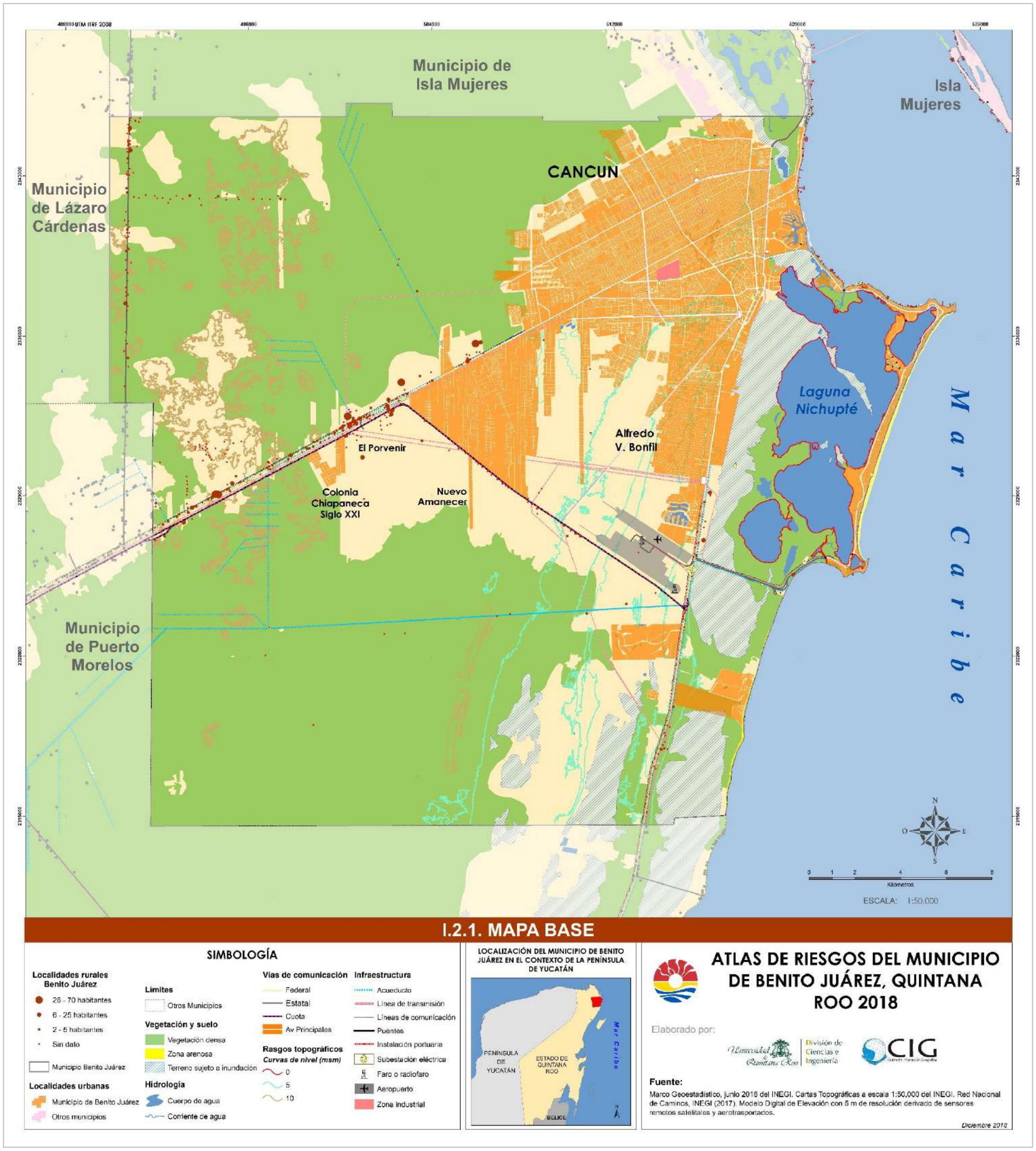
1.2. Mapa Base

Benito Juárez es uno de los once municipios en los que se divide administrativamente el Estado de Quintana Roo. Se encuentra en la parte nororiental del Estado de Quintana Roo entre las siguientes coordenadas extremas los 20° 55´53" a 21°13´01" de latitud Norte y de 86° 44´23" a 87° 05´55" de longitud Oeste. La extensión territorial del municipio es de 929.84 km^2, con una altitud media de 10 msnm. Colinda al norte con el municipio de Isla Mujeres; al oeste con los Municipios de Puerto Morelos y Lázaro Cárdenas, al sur con el municipio de Puerto Morelos y al este con el Mar Caribe (ver mapa I.2.1). El municipio cuenta con dos localidades urbanas, de acuerdo con el INEGI, la ciudad de Cancún y Alfredo V. Bonfil.

Es el municipio de Quintana Roo con mayor población (743,626 hab. a 2015, INEGI), el 96% de sus habitantes se concentra en la ciudad de Cancún. Su actividad principal se centra en el turismo, por lo que el aeropuerto más importante de la región se encuentra en dicho municipio. De acuerdo con el Gobierno del Estado, el 49.6% del PIB del municipio proviene de actividades turísticas donde se emplean el 37.7% de los trabajadores de este municipio.

Es también, el municipio de Quintana Roo con la mayor densidad poblacional (697.28 habitantes por kilómetro cuadrado) al tener la ciudad más grande del estado (Cancún) y la tercera menor superficie municipal, solo después de los municipios de Isla Mujeres y Cozumel. Las principales vías de comunicación terrestre son las carreteras federales 295 y 307, siendo la última el principal medio de comunicación con el sur y norte del Estado.

El Municipio pertenece a la Región Hidrológica Yucatán Norte (Quintana Roo). Aunque su suelo está formado por la misma roca caliza del resto de la península que impide las corrientes de agua superficiales, en Benito Juárez se encuentran algunos cuerpos de agua superficiales, como el sistema laguna Nichupte. De acuerdo con INEGI (2002) el acuífero del que se abastece el municipio es libre y la profundidad del nivel estático es de 10 a 15 metros con dirección de flujo de noroeste a sureste.



1.3 Determinación de niveles de análisis y escalas de representación cartográfica

Las características geográficas del municipio de Benito Juárez, su ubicación y extensión hacen que debamos establecer una escala municipal (escala 1: 50,000) que abarca el municipio y su entorno geográfico adyacente. Los mapas están divididos en tres grandes temáticas, la primera corresponde a las características naturales del medio físico, tales como: Fisiografía, Geología, Geomorfología, Edafología, Hidrología, Climatología, Uso de Suelo y Vegetación y Áreas Naturales Protegidas. El sistema de proyección cartográfica empleado para la elaboración de la cartografía en este Atlas es Universal Transversa de Mercator (UTM) y como Datum de referencia el ITRF08 Época 2010, que es el nuevo Sistema Geodésico de Referencia Oficial para México (INEGI). La indicación de este sistema de referencia es observable en la esquina superior izquierda de cada mapa generado.

Posteriormente se presenta un conjunto de mapas de peligros "Geológicos e Hidrometeorológicos", en donde se muestran las áreas de ocurrencia ante cada fenómeno natural a escala 1: 50,000. Enseguida se muestran los mapas de vulnerabilidad calculados a partir de variables socioeconómicas en las localidades dentro del área del municipio. Por último, se muestran los mapas de riesgos determinados con base en el peligro y vulnerabilidad, zonificando por grado de impacto para cada fenómeno perturbador.

Tabla 2. Escalas y niveles de análisis para el manejo de mapas del Atlas Geológicos.

Tipo	Fenómeno	Descripción	Escala
Geológicos	Erupciones volcánicas	Investigación bibliográfica de la historia eruptiva de los volcanes más cercanos al municipio.	Municipal
	Sismos	Se ubicará al municipio en un mapa de la regionalización sísmica del país.	Municipal
	Tsunamis	Descripción del fenómeno.	Municipal
	Inestabilidad de laderas	Se ubicarán en un mapa las zonas con pendientes pronunciadas.	Municipal
	Caídas y derrumbes	Se ubicarán en un mapa las zonas con antecedentes de caídas y derrumbes.	Municipal
	Hundimientos	Se ubicarán en un mapa las zonas con antecedentes de hundimientos.	Municipal
	Ondas cálidas y gélidas	Análisis de las estaciones hidrometeorológicas.	Ondas cálidas y gélidas
	Sequías	Se determinarán los índices de aridez. Se elaborará cartografía general de sequías en el municipio.	Sequías
	Heladas	Análisis de las estaciones hidrometeorológicas. Se elaborará cartografía general de heladas en el municipio.	Heladas

Fuente: Términos de Referencia para la Elaboración de Atlas de Peligros y/o Riesgos 2018.

Tabla 3. Escalas y niveles de análisis para el manejo de mapas del Atlas Hidrometeorológicos

Tipo	Fenómeno	Descripción	Escala
Hidrometeorológicos	Ciclones tropicales	Descripción del fenómeno. Análisis de las estaciones hidrometeorológicas. Se elaborará cartografía general.	Urbano y Municipal
	Tornados	Descripción del fenómeno.	Municipal
	Tormentas de polvo	Descripción del fenómeno.	Municipal
	Tormentas eléctricas	Descripción del fenómeno. Análisis de las estaciones hidrometeorológicas. Se elaborará cartografía general.	Municipal
	Lluvias extremas	Descripción del fenómeno. Análisis de las estaciones hidrometeorológicas. Se elaborará cartografía general.	Urbano y Municipal
	Inundaciones pluviales, fluviales, costeras y lacustres	Descripción del fenómeno. Análisis de las estaciones hidrometeorológicas. Se elaborará cartografía general de las inundaciones históricas.	Urbano y Municipal
	Ciclones tropicales	Descripción del fenómeno. Análisis de las estaciones hidrometeorológicas. Se elaborará cartografía general.	Urbano y Municipal
	Tornados	Descripción del fenómeno.	Municipal
	Tormentas de polvo	Descripción del fenómeno.	Municipal

Fuente: Términos de Referencia para la Elaboración de Atlas de Peligros y/o Riesgos 2018.

1.4 Caracterización de los elementos del medio

Fisiografía

México es un territorio con una importante biodiversidad y contraste en sus formas de relieve, con grandes sistemas montañosos, llanuras y mesetas. Su topografía, compleja y divergente presenta, por ejemplo, más del 65% de su superficie por arriba de los mil metros sobre el nivel del mar (msnm) y cerca del 47% con pendientes superiores a 27°. Por un lado, algunas montañas se elevan por encima de los 5 mil msnm y, por otro lado, ciudades costeras del Estado de Quintana Roo como su capital Chetumal, Tulum, Playa del Carmen, entre otras más, no rebasan los 10 msnm.

El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) ha dividido el territorio nacional en 15 provincias fisiográficas con un origen geológico similar.

Estas provincias se definen como regiones homogéneas litológica y paisajísticas, aunque con la presencia de ciertas variaciones topográficas.

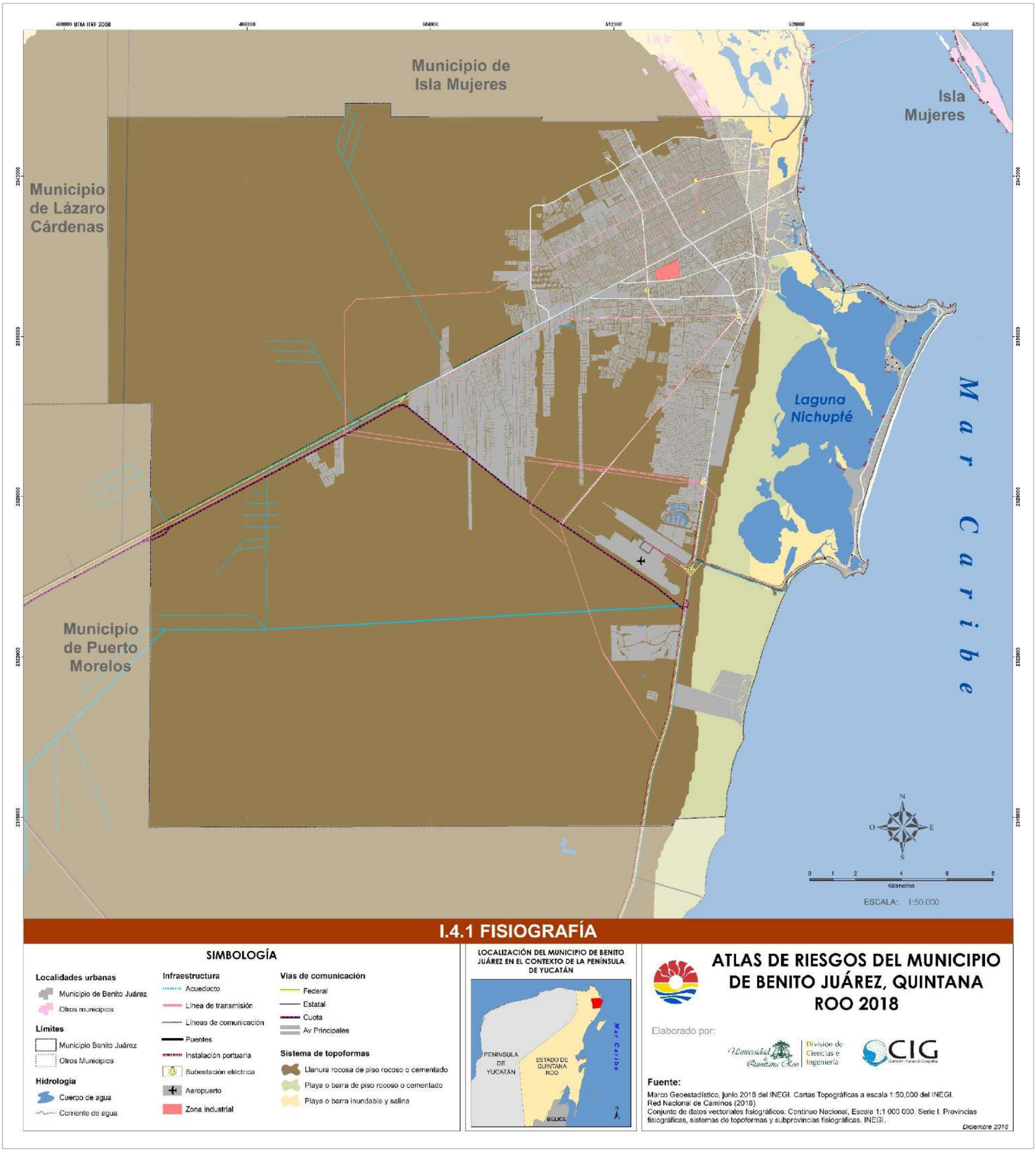
Los rasgos climáticos, suelos y la vegetación se definen por estas características.

La península de Yucatán corresponde a la unidad orogénica denominada Plataforma Yucateca, que está constituida por rocas calizas de origen sedimentario marino. En esta península se encuentra el Estado de Quintana Roo que, en consecuencia, presenta un relieve casi plano interrumpido por pequeñas colinas y numerosas hondonadas con ligero declive de Norte a Sur con una altura media de 10 msnm.

A partir de este marco de referencia para la representación cartográfica de los Recursos Naturales elaborado por el INEGI, se presenta en este Atlas los rasgos morfológicos para el municipio de Benito Juárez, señalados a continuación.

Al interior de Quintana Roo, se distingue una provincia fisiográfica “Península de Yucatán” y tres subprovincias o unidades fisiográficas, el Carso Yucateco, el Carso y Lomeríos de Campeche y la Costa Baja de Quintana Roo.

El territorio municipal de Benito Juárez corresponde a la provincia fisiográfica de la “Península de Yucatán”, cuya extensión aproximada es de 929.84 km2, equivalente también a la subprovincia de “Carso Yucateco”, el resto corresponde al cuerpo de agua perenne conocido como “Laguna Nichupté” (Mapa I.4.1).



Geomorfología

La Península de Yucatán, como unidad morfológica, es un bloque tectónico único sin plegamientos originado en el Paleozoico, su límite es la falla Motagua y conserva su posición desde finales del Triásico. Sobre este basamento se acumula una gruesa capa de sedimentos marinos (Paleozoico Tardío), con sedimentación continental (Jurásico) y con un importante depósito de evaporitas formando una cuenca carbonatada rodeada por arrecifes (Cretácico Temprano). Sobre éstas se encuentran calizas (Cretácico Tardío) con una gradiente temporal norte-sur debido a su emergencia paulatina (Plioceno). La roca más abundante en el estado de Quintana Roo es la sedimentaria del

Terciario localizada en casi todo el estado (90%) con excepción de la zona paralela a la costa donde se localiza la roca sedimentaria del Cuaternario. Lo anterior debido a la plataforma de rocas calcáreas marinas que forma la Península de Yucatán, que han venido emergiendo de las aguas los últimos millones de años. Al norte, este y sureste de dicha cadena, los terrenos son bastante planos y con suelos predominantes de la llamada roca laja.

Como ya se señaló, el municipio de Benito Juárez está ubicado en la provincia fisiográfica denominada Carso Yucateco que está compuesta principalmente de calizas granulosas con una permeabilidad muy alta. En cuanto a sus patrones estructurales y/o degradativos, es decir su sistema de topoformas correspondiente, se divide, aproximadamente de la siguiente manera en: Playa o barra inundable y salina (6.84%), Playa o barra de piso rocoso o cementado (7.03%) y Llanura rocosa de piso rocoso o cementado (85.19%), complementándose con la superficie ocupada por el cuerpo de agua perenne (Laguna de Nichupté). Su distribución se puede observar en el Mapa I.4.2.

Geología

Como se ha apuntado, la roca más abundante en el estado es la sedimentaria del Terciario localizada en casi todo el estado de Quintana Roo (90%), con excepción de la zona paralela a la costa donde se localiza la roca sedimentaria del Cuaternario, que corresponde al municipio de Benito Juárez (Tabla 4). Se analiza desde el desarrollo espacial y temporal, el proceso que le ha dado forma al relieve del territorio del municipio, a partir de su composición y estructura, tanto interna como superficial.

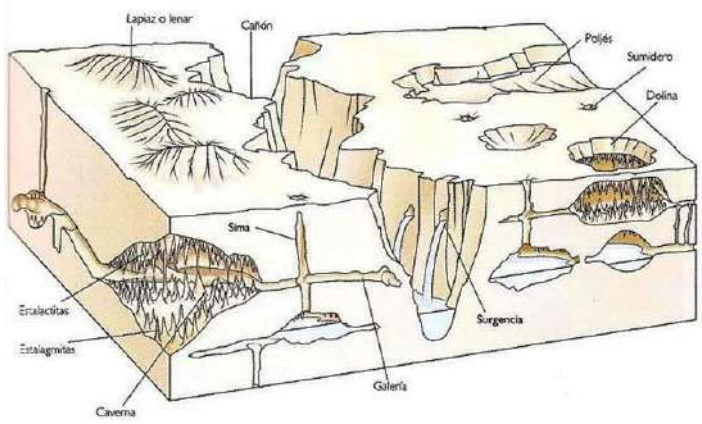
La parte externa comprende los materiales que forman la corteza terrestre y la interna son los procesos que se desarrollan debajo de ésta. Es importante conocer el grado de fracturamiento o resistencia o permeabilidad de las rocas presentes. De la misma manera, es necesario conocer la permeabilidad y fracturamiento de la región, para poder determinar los sitios con mayor probabilidad de escurrimientos de agua proveniente de la lluvia o de los acuíferos subterráneos. Asimismo, se señalan, también, la clasificación y edad de las rocas, fallas y fracturas para poder identificar la susceptibilidad de fenómenos geológicos en el territorio. Tal como la litología, es decir la clasificación de las rocas según su origen y su composición mineralógica, las estructuras, que comprenden los sistemas de fallas o fracturas producidas por los movimientos tectónicos; y la clasificación de los suelos de acuerdo con su origen.

La roca caliza experimenta un singular proceso de alteración química por la acción del agua de lluvia. El ácido carbónico formado disuelve la roca tanto en la superficie como en el subsuelo, dando lugar a un paisaje muy peculiar conocido como paisaje kárstico. Este paisaje forma la parte norte y la mitad oriental de la Península de Yucatán, a lo largo de la costa norte donde se localizan los depósitos de calizas compuestas por conchas de bivalvos compactadas densamente. La costa noreste compuesta por carbonatos supramareales refleja el movimiento de la costa incluyendo la formación de extensas cavidades originadas por la haloclina (diferencia de salinidad del agua debida a la profundidad).

El paisaje kárstico en superficie se distingue por los conductos tan profundos y verticales de los ríos, los terrenos hundidos de distinto tamaño (poljes, uvalas o dolinas/torcas[1]), por las formas caprichosas de la erosión del agua creando rocas inestables y los surcos conocidos como lapiaz (Figura 1).

[1] Dolinas o torcas son grandes depresiones formadas en los lugares donde el agua se estanca. Pueden tener formas diversas y unirse con otras vecinas, formando uvalas. Gargantas son valles estrechos y profundos, causados por los ríos. Cuevas se forman al infiltrarse el agua. Suelen formarse estalactitas a partir del agua, rica en carbonato cálcico, que gotea del techo, y estalagmitas a partir del agua depositada en el suelo. Simas son aberturas estrechas que comunican la superficie con las galerías subterráneas. Ponors son aperturas de tipo de portal donde una corriente superficial o lago fluye total o parcialmente hacia un sistema de agua subterránea.

Figura 1. Paisaje Kárstico



FUENTE: http://2.bp.blogspot.com/-8cPogOQGdsw/VYHQv7550xI/AAAAAAAAHUE/jYs4qdEwIgg/s1600/Karst.jpg

Existen otras muchas formas kársticas según si estas formas se producen en superficie o por el contrario son geomorfológicas que aparecen en cavidades subterráneas. En el primer caso se denominan exokársticas[2]: Lapiaces o lenares, Poljes, Dolinas, Gargantas, Cuevas, Simas y Ponors. Y en el segundo endokársticas (simas, sumideros, sifones, foibas, etc.).

El conjunto metamórfico del municipio de Benito Juárez, por su parte, se origina en la Era Cenozoica del Periodo Cuaternario. Su unidad cronoestratigráfica proviene de roca sedimentaria caliza de la Era Cenozoica del periodo Neógeno, distribuida en la mayor parte del municipio (792.14 km2). Así como unidades lacustres, litorales, y eólicos (Mapa I.4.2 y Tabla 4); complementándose la superficie total del municipio con los cuerpos de agua.

Tabla 4. Unidades geológicas del municipio de Benito Juárez

Unidad geológica	Era	Periodo	Superficie Aproximada (%)
Lacustre	Cenozoica	Cuaternario	7.7
Litoral	Cenozoica	Cuaternario	0.7
Eólico	Cenozoica	Cuaternario	0.5
Caliza	Cenozoica	Neógeno	85.2

Fuente: Elaboración propia a partir de las capas de datos vectoriales 1:250,000 del INEGI

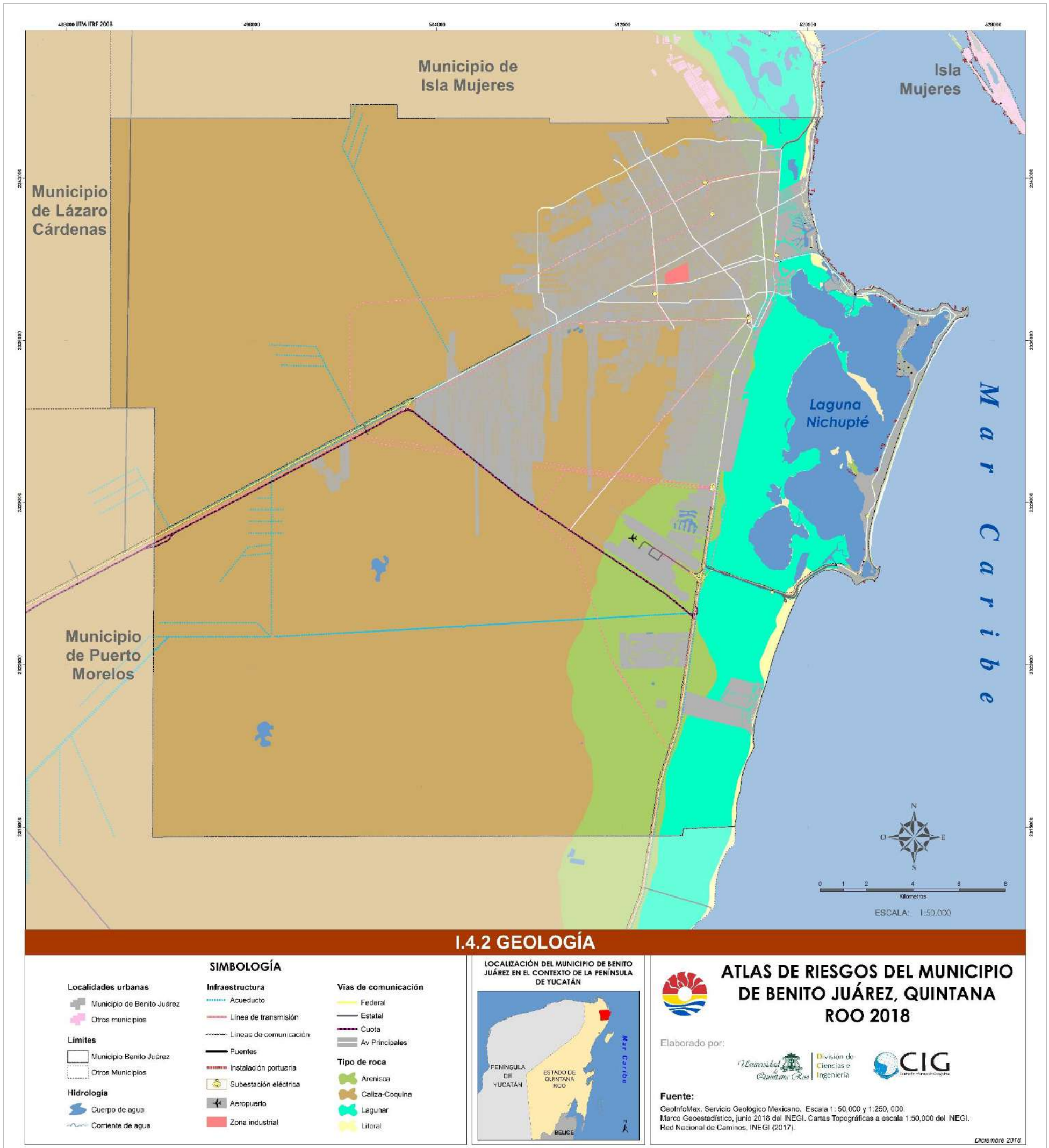
La plataforma de la Península de Yucatán está formada por rocas mayormente carbonatadas, tales como caliza, dolomita, yeso y arenisca. De acuerdo con Fragoso et al. (2014), en el periodo Eoceno se presentaron una serie de eventos geológicos que dieron forma a los estratos de estas calizas, dando origen a un relieve ondulado o escalonado, definiendo la geomorfología actual de la porción de la Península de Yucatán de la cual forma parte el municipio de Benito Juárez. El resto se levantó gradualmente a partir del periodo Plioceno y el ascenso continuó durante el Cuaternario al norte (Tabla 4) y hacia la periferia.

Figura 2. Sistemas de fallas y fracturas para Quintana Roo.



Figura 3. Sistemas de fallas y fracturas para Quintana Roo.

[2] Lapiaces o lenares, son surcos o cavidades separados por tabiques más o menos agudos. Los surcos se forman por las aguas de escorrentía sobre las vertientes o sobre superficies llanas con fisuras. Poljés son depresiones alargadas de fondo horizontal enmarcadas por vertientes abruptas. Están recorridos total o parcialmente por corrientes de agua, que desaparecen súbitamente por sumideros o pozos y continúan circulando subterráneamente.



Es en este periodo, se originaron sistemas de fracturas (figura 2), una con orientación noreste–suroeste a lo largo del cauce del río Hondo que hace frontera con Belice, otra, la de mayor extensión, desde el norte hasta el centro-este del estado y una tercera en la zona limítrofe con Campeche. No obstante, como se observa en la figura 2, en color café fracturas y en color morado fallas, para el municipio de Benito Juárez no existe sistemas de fracturas o fallamientos, más bien geomorfológicamente predominan planicies y mesetas kársticas escalonadas en las que se pueden encontrar suelos tipo Leptosoles, Cambisoles y Luvisoles (Frausto-Martínez et al, 2010).

Edafología

La desintegración de rocas por efectos del intemperismo forma la corteza terrestre exterior, conocida como suelo. Éste, se compone de partículas minerales y la flora y fauna microbiana. Su composición es resultado de la actuación de una serie de factores activos, como clima y organismos vivos, que inciden sobre factores pasivos (rocas y relieve), independientemente del tiempo transcurrido.

Los suelos están formados por horizontes o capas, que están acomodadas más o menos paralelos a la superficie. La mayoría de los suelos presentan tres o cuatro horizontes, definidos principalmente por el color, textura, estructura, contenido en materia orgánica, presencia de carbonatos y sales solubles. El grado en el que cada una de las características resultantes de la acción de los factores formadores del suelo, sirven de base para la clasificación y denominación de los suelos, que contribuyen en la toma de decisiones para el mejor manejo del recurso suelo.

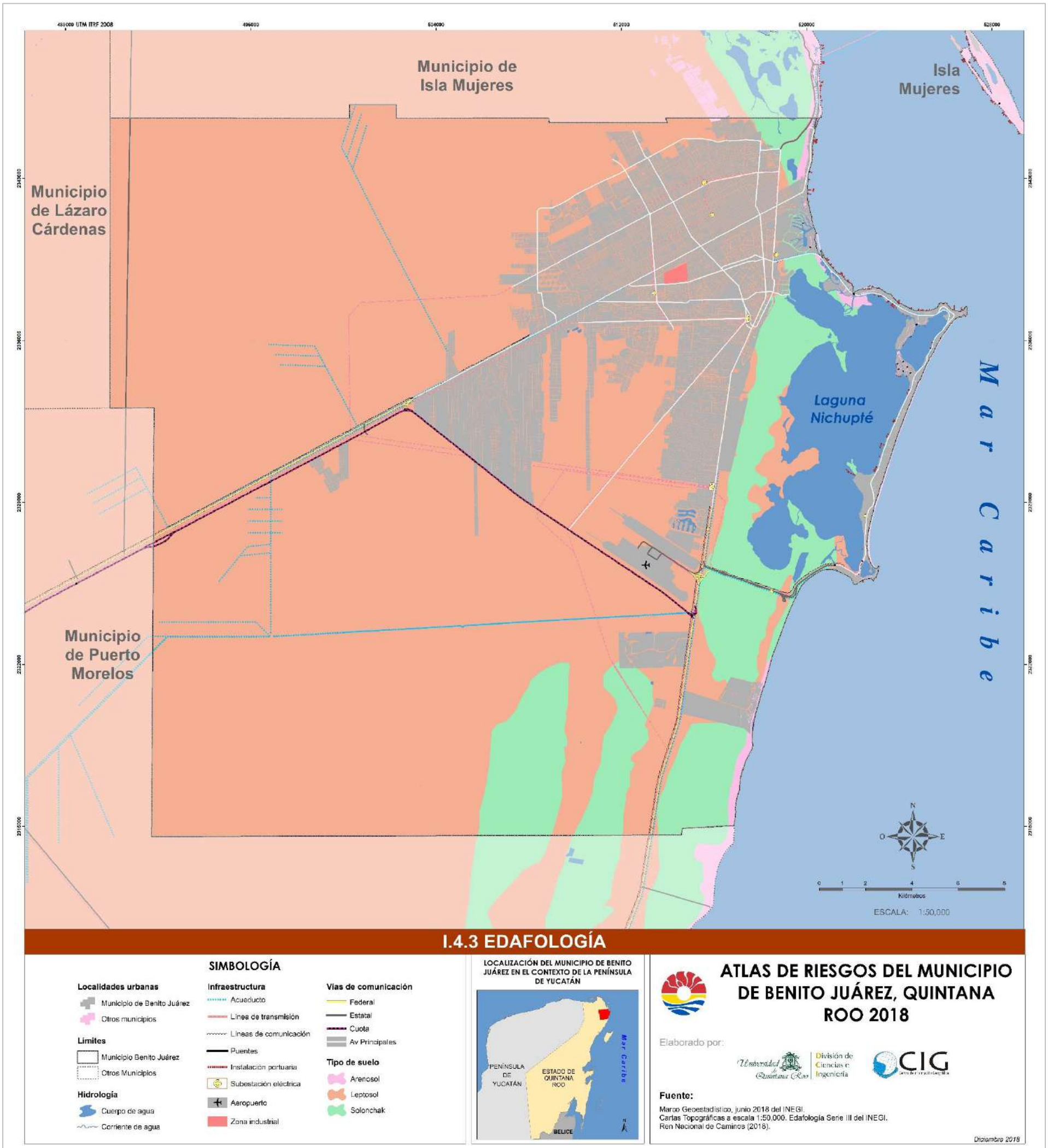
En Quintana Roo, los suelos tienen su origen en la roca madre, en cuyas fracturas se acumula abundante arcilla y humus, permitiendo, debido a su fertilidad, el desarrollo de la vegetación. Este humus se forma a través del intemperismo a partir de la hojarasca depositada sobre la roca.

En esta sección se presentan los suelos dominantes para el municipio de Benito Juárez, así como para su zona urbana. Además de señalar su superficie aproximada de distribución, en porcentaje y superficie, calculada a partir de la extensión total del municipio (929.84 km^2), eso sin tomar en cuenta el área ocupada por su zona urbana (129.08 km^2).

A partir de lo anterior, tenemos que para el municipio los tipos de suelo presentes son: Arenosol (11.12 km^2, 1.20%), Leptosol (743.81 km^2, 79.98%), Solonchak (94.40 km^2, 10.15%) y 48.39 km^2 correspondientes al cuerpo de agua alojado en su interior (Laguna Nichupté). De la misma manera, podemos señalar que su zona urbana, la más grande y densamente poblada del Estado de Quintana Roo, se ha edificado sobre el mismo tipo de suelos, de sus 129.08 km^2, aproximadamente el 5% corresponde a “aerosoles” (6.46 km^2), particularmente donde se encuentra su Zona Hotelera, cercanos a su litoral; un poco más del 70% recae en suelos tipo “leptosoles” donde se localiza su Zona Centro, y finalmente, un 3.78% a “solonchak” más hacia el sur (Mapa I.4.3).

Los suelos arenosos son muy permeables, en los que el agua se infiltra a gran velocidad, siendo muy escaso el almacenamiento de agua retenido por el perfil para el crecimiento vegetal. Por su parte, los leptosoles son suelos extremadamente jóvenes y delgados, con abundantes gravas, es decir muy pedregosos, la principal diferencia que les separa de otros tipos de suelos deviene de su escasa profundidad. Y por último los suelos solonchak. El término solonchak deriva de los vocablos rusos "sol" que significa sal y "chak" que significa área salina, haciendo alusión a su carácter salino, presentan una capacidad de utilización muy reducida, solo para plantas tolerantes a la sal. En áreas deprimidas con un manto freático somero, la acumulación de sales es más fuerte en la superficie del suelo, solonchaks externos. Cuando el manto freático es más profundo, la acumulación salina se produce en zonas subsuperficiales del perfil, solonchaks internos.

Desde el punto de vista de la prevención, el análisis de tipo de suelo puede determinar el grado de vulnerabilidad del sistema. Su conocimiento permite estimar el grado de afectación que tendrían los componentes del sistema en caso de impacto de amenazas naturales, y poder reforzar y evitar daños en futuros impactos implementando medidas de mitigación que disminuyan la vulnerabilidad y permitan reducir el riesgo, de esta manera garantizar la sostenibilidad de los sistemas.


488000 UTM ITRF 2008
496000
504000
512000
520000
528000
2144000
2136000
2128000
2120000
2112000
2104000
Municipio de Isla Mujeres
Isla Mujeres
Municipio de Lázaro Cárdenas
Laguna Nichupté
Mar Caribe
Municipio de Puerto Morelos
N
O
E
S
0 1 2 4 6 8
Kilómetros
ESCALA: 1:50,000
I.4.3 EDAFOLOGÍA
SIMBOLOGÍA
Localidades urbanas
Municipio de Benito Juárez
Otros municipios
Límites
Municipio Benito Juárez
Otros Municipios
Hidrología
Cuerpo de agua
Corriente de agua
Infraestructura
Acueducto
Línea de transmisión
Líneas de comunicación
Puentes
Instalación portuaria
Subestación eléctrica
Aeropuerto
Zona industrial
Vías de comunicación
Federal
Estatal
Cuota
Av Principales
Tipo de suelo
Arenosol
Leptosol
Solonchak
LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ EN EL CONTEXTO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN
PENÍNSULA DE YUCATÁN
ESTADO DE QUINTANA ROO
BELICE
Mar Caribe
ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO 2018
Elaborado por:
Universidad de Quintana Roo
División de Ciencias e Ingeniería
CIG
Fuente:
Marco Geoestadístico, junio 2018 del INEGI.
Cartas Topográficas a escala 1:50,000. Edafología Serie III del INEGI.
Red Nacional de Caminos (2018).
Diciembre 2018

Hidrografía, cuencas y subcuencas

La División de Aguas Superficiales a nivel nacional se compone de tres niveles de desagregación, el primero es la Región Hidrográfica, la cual agrupa por lo menos dos cuencas hidrográficas, cuyas aguas fluyen a un cauce principal. El segundo, la Cuenca Hidrográfica, delimitada por una divisoria cuyas aguas fluyen hacia una corriente principal o cuerpo de agua. Y el tercero, la Subcuenca Hidrográfica, aérea considerada como una subdivisión de la cuenca hidrográfica que presenta características particulares de escurrimiento y extensión.

El municipio de Benito Juárez pertenece a la Región Hidrográfica XII. Península de Yucatán. En segundo lugar, la subdivisión de cuencas[3] de acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), sitúa al municipio dentro de la Región Hidrológica de Yucatán Norte (Figura 3), simbolizada como RH32, que incluye toda la extensión territorial del municipio. Identificada como Cuenca y Subcuenca Quintana Roo con clave RH32Aa, cuyo drenaje es de tipo abierto hacia el mar (Mapa I.4.4).

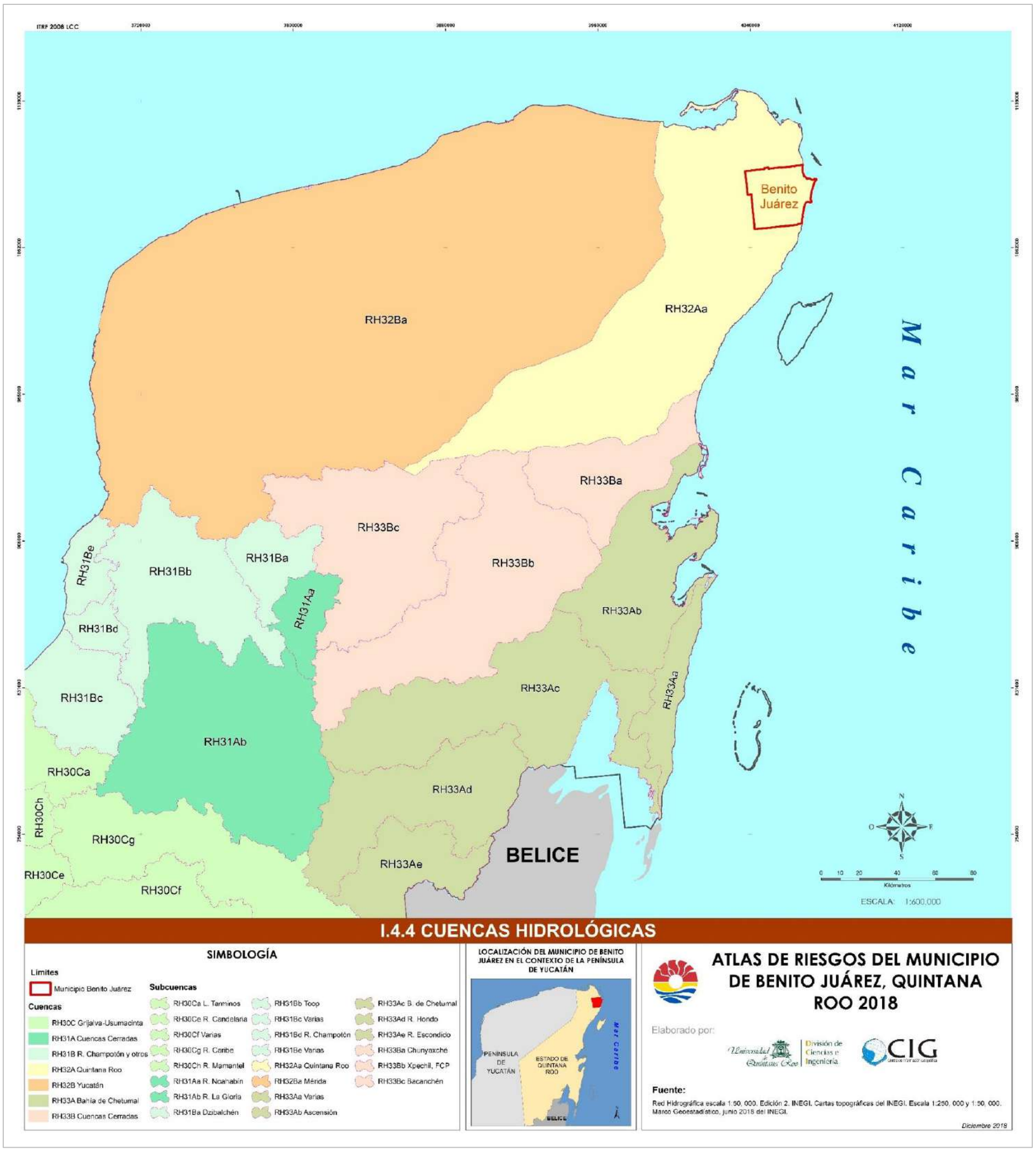
Por otra parte, de acuerdo con los resultados de los estudios recientes de CONAGUA, se define si los acuíferos se consideran sobreexplotados o no, en función de la relación extracción/recarga. Para el municipio, se señala que las condiciones de los acuíferos no se encuentran sobreexplotados con amplia disponibilidad de agua. Sin embargo, el acuífero de la Península de Yucatán es altamente vulnerable a la contaminación debido a las condiciones geohidrológicas de la zona con una gran densidad de fisuras y conductos de disolución que se encuentran en el subsuelo y permiten la infiltración de todo tipo de aguas con mucha facilidad. El establecimiento de núcleos urbanos en una zona cárstica, donde la vulnerabilidad del acuífero es muy alta, puede tener graves consecuencias para el medio ambiente debido a las altas tasas de dispersión de contaminantes.

Figura 4. Regiones hidrológicas



Fuente: CONAGUA, 2014

[3] Las cuencas son unidades del terreno, definidas por la división natural de las aguas debida a la conformación del relieve. Para propósitos de administración de las aguas nacionales, la CONAGUA ha definido 731 cuencas hidrológicas. Las cuencas del país se encuentran organizadas en 37 regiones hidrológicas (RH).



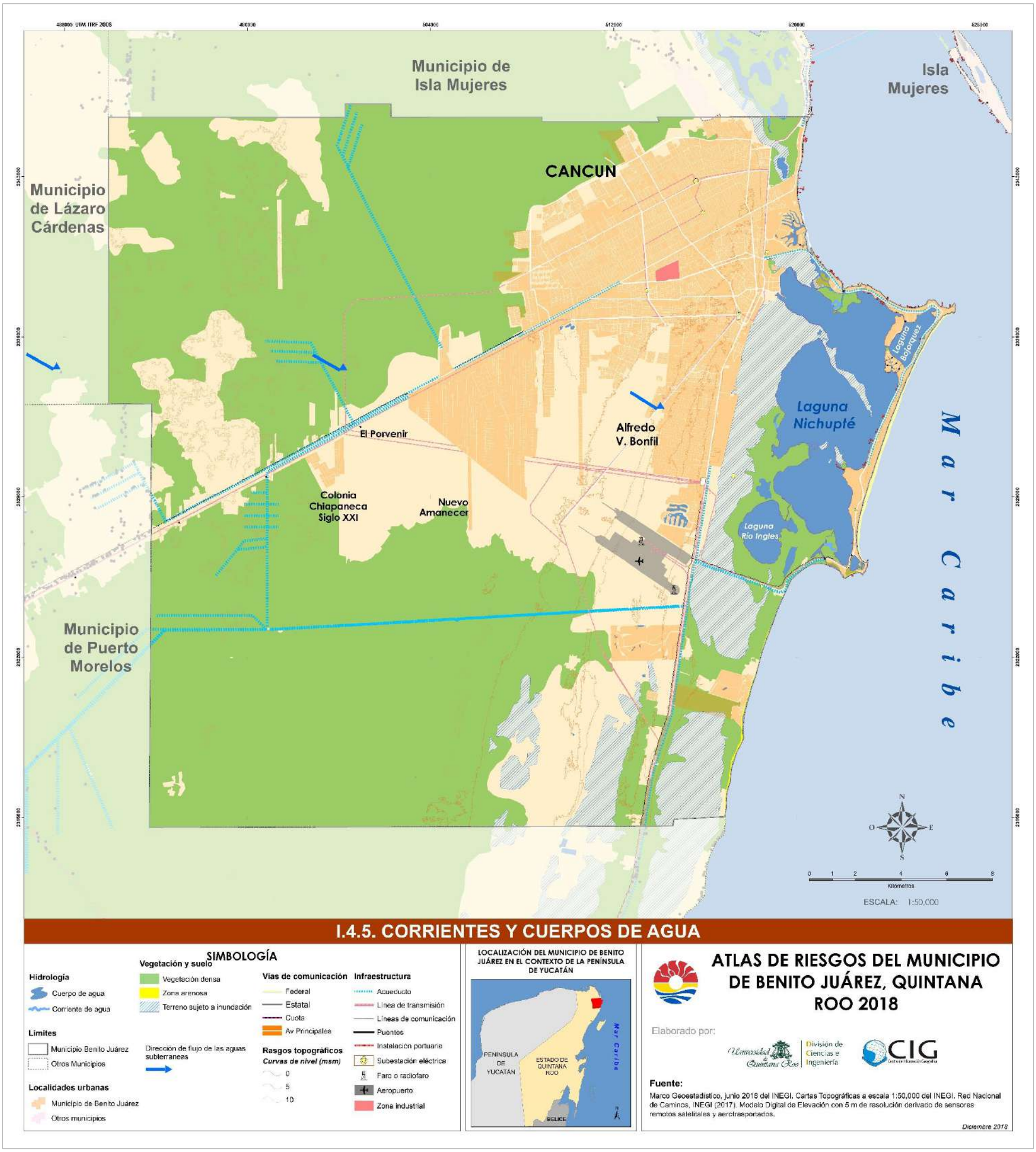
Corrientes y Cuerpos de agua

Los cuerpos de agua se consideran unidades de captación de aguas superficiales, identificados como lagunas, lagos, embalses, arroyos, los cuales contienen importantes reservas de agua utilizable.

En el caso del municipio de Benito Juárez existen cuerpos de agua perennes hacia el interior de la zona urbana. Estos son conocidos como Laguna Nichupté y Laguna Bojórquez, localizados en su parte noreste cercano a su litoral (mapa I.4.5). Sin embargo, se debe hacer referencia como el Sistema Lagunar Nichupté, el cual está compuesto de siete cuerpos de agua, entre ellos la Laguna Bojórquez, Cuenca Norte, Cuenca Central, Cuenca Sur,

Río Inglés, Del Amor y Laguneta del Mediterráneo. Una característica peculiar del sistema lagunar es que no es alimentado por ríos, sino más bien se recarga por medio de aguas subterráneas.

No existen corrientes superficiales en el municipio. Por otra parte, las corrientes subterráneas identificadas (flechas azules), se localizan en tres grandes zonas: al oeste y centro (mapa I.4.5).



Clima

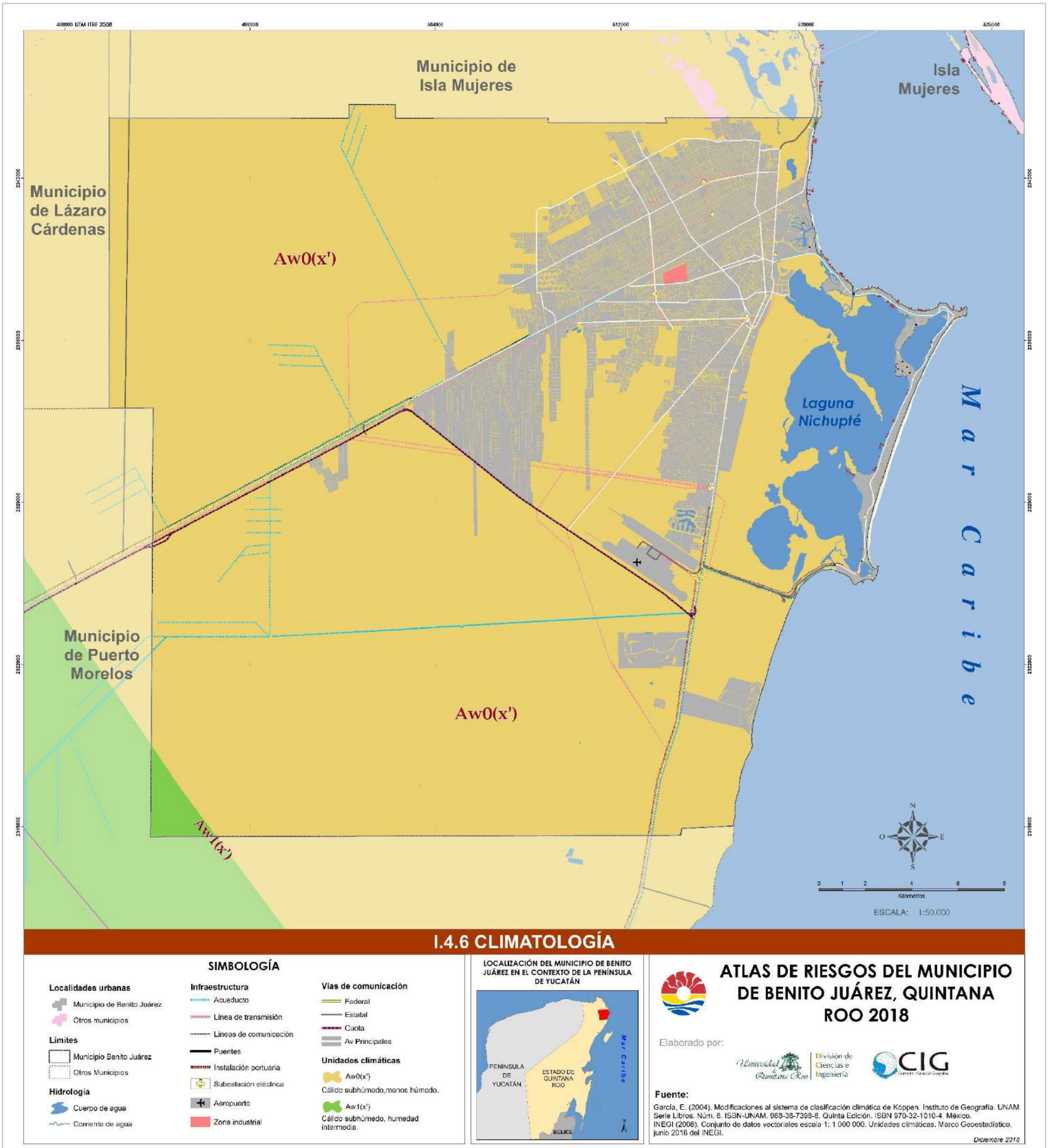
El clima es el conjunto de condiciones atmosféricas más frecuentes propias de un lugar. Está constituido por la cantidad y frecuencia de lluvias, la humedad, la temperatura y viento. Es producto de las interacciones entre la atmósfera y los océanos. Para definir el tipo de clima de una región se requiere medir las condiciones atmosféricas (lluvia, humedad, viento, etc.) por al menos tres décadas.

El clima se agrupa en regiones con características similares que están estrechamente relacionadas a la distribución de la flora y la fauna y, por otro lado, a la disponibilidad de los recursos naturales que utiliza el ser humano. Estas condiciones influyen en el tipo de vida de la población, determinando desde el tipo de ropa que hay que usar en cada época y lugar, hasta los materiales y formas de reconstrucción de las obras de infraestructura como caminos, viviendas e industrias, pasando por el tipo de cultivos y de ganado adaptables a una región, y las técnicas que se utilizarán para que la actividad en cuestión resulte productiva.

Según el sistema de Köeppen modificado por García (1964), sistema de clasificación utilizado de manera oficial en México, en la Península de Yucatán solo se presentan dos tipos de clima, el seco estepario en la costa noroeste (BS) y el cálido subhúmedo en el resto (Aw). El municipio de Benito Juárez presenta un tipo de clima Cálido Subhúmedo (Aw) con una temperatura del mes más frio mayor de 18º C, temperatura promedio anual mayor de 22º C, del cual se destacan dos subtipos diferenciados por el régimen de humedad (Cociente entre Precipitación (P) y Temperatura (T)) (mapa I.4.6):

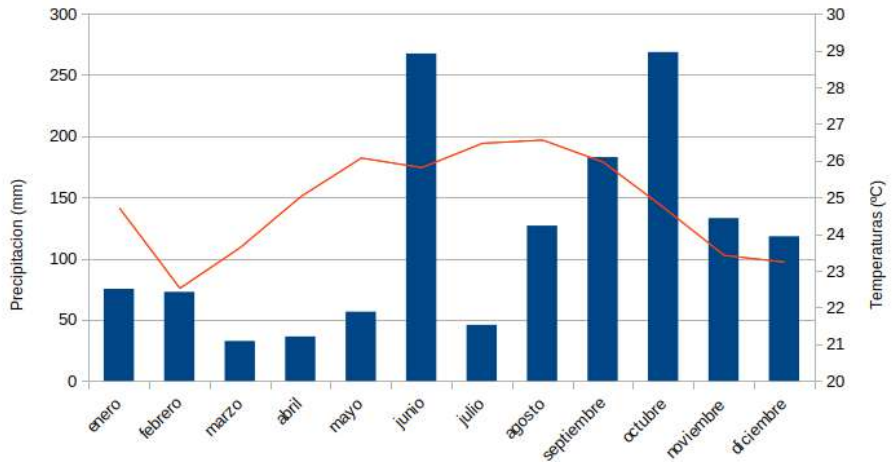
a) Aw0(x’) es el menos húmedo; con lluvias repartidas en el año con tendencia hacia el verano y sequía intraestival. Cociente P/T menor de 43.2.

b) Aw1(x´) con humedad intermedia; con lluvias repartidas en el año con tendencia hacia el verano y sequía intraestival. Cociente P/T entre 43.2 y 55.3.

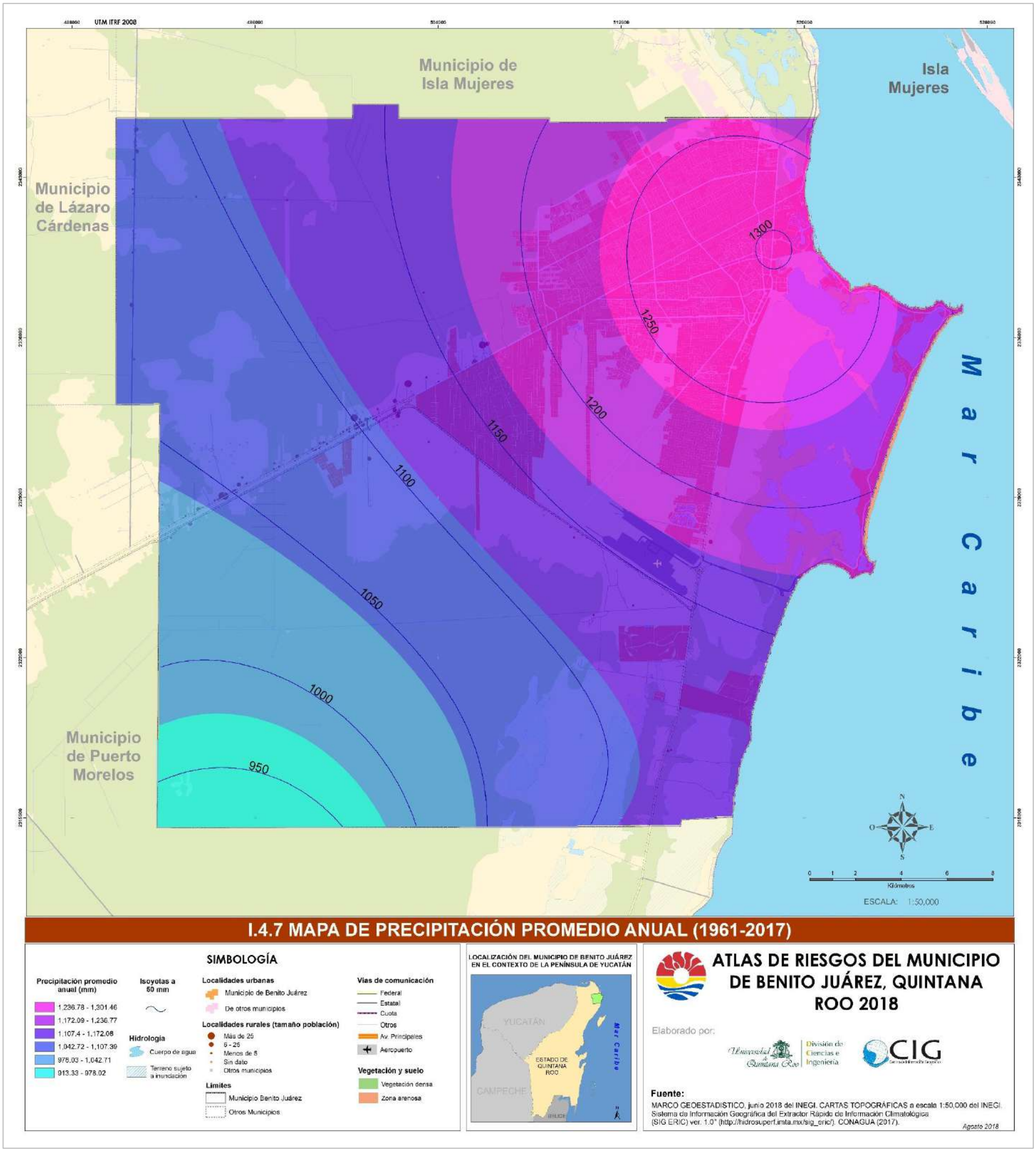


Las precipitaciones medias anuales oscilan entre los 930 milímetros en una pequeña porción al suroeste del municipio, a 1300 en el resto (mapa I.4.7), sobre todo en la ciudad de Cancún. Por otra parte, el municipio de Benito Juárez; se ubica en la Zona Intertropical – franja en la que se presentan los climas cálidos identificados con la letra A de acuerdo con la clasificación climática de Köppen– por lo que la temperatura media anual es superior a los 22°C. La temperatura media anual en el municipio es de 26°C influenciada por las corrientes marítimas cálidas (Mapa I.4.8). Las temperaturas reducen sensiblemente al paso de los frentes fríos que inician en septiembre.

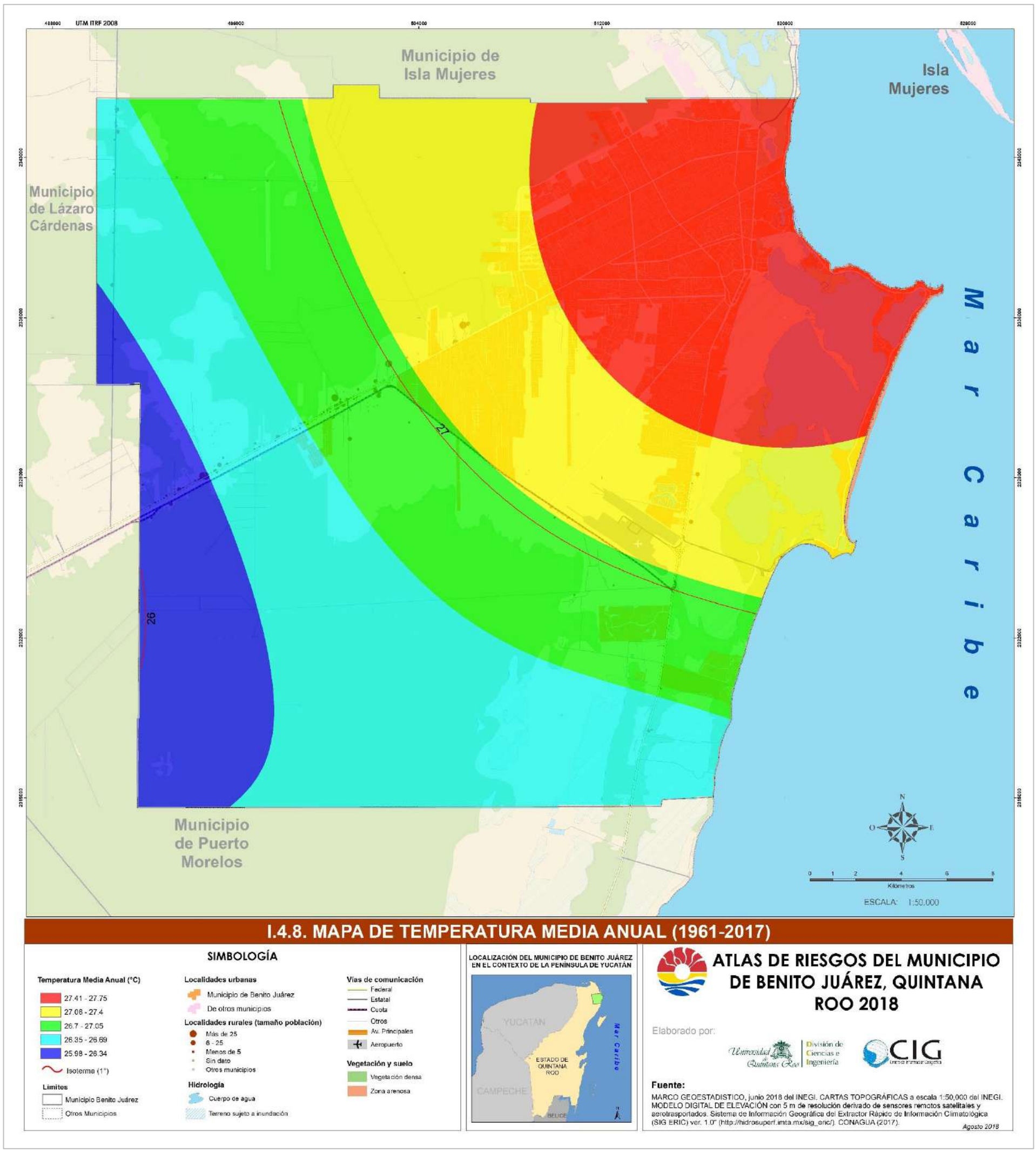
Gráfica 1. Climograma de la estación meteorológica en Cancún



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Servicio Meteorológico Nacional (2018).



En el climograma presentado (Gráfica 1) antes puede observarse el patrón promedio de precipitación mensual y puede entenderse claramente el fenómeno de la canícula en el mes de julio donde el acumulado mensual de precipitación no rebasa los 50 mm. Se observa también, que además de julio, los meses de marzo y abril tienen muy bajas precipitaciones registrando entre 32 y 40 mm respectivamente.



El Atlas Escenarios de Cambio Climático en la Península de Yucatán (2009), nos señala que la observación de las variables de temperatura y precipitación a nivel mundial han dado evidencias que se está presentando un calentamiento a nivel global. Por tal motivo, se presentan en este trabajo escenarios de variaciones climáticas para el municipio de Benito Juárez a 2020 de temperatura y precipitación comparándolos con datos del INEGI 2006 y 2007. Estas simulaciones están basadas en representaciones matemáticas de la atmósfera, del océano, de

las capas de hielo y de los procesos en la superficie de la tierra; que se fundamentan en leyes físicas y sus relaciones empíricas.

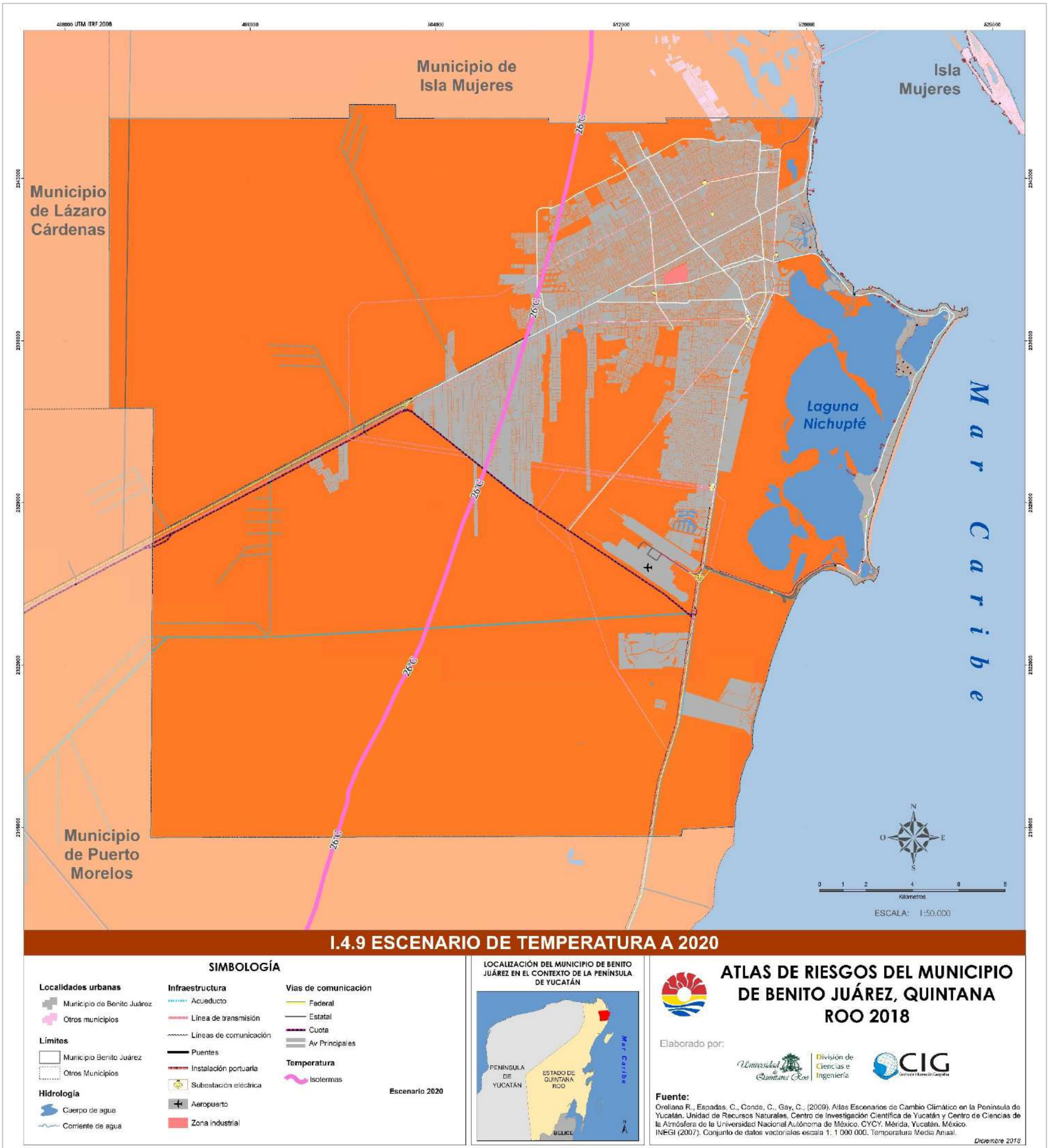
Se eligieron para este Atlas los posibles escenarios para el periodo 2020, estos escenarios son los identificados como “Escenarios A2”, donde la línea evolutiva y familia A2 (A21 por ser el experimento 1) presenta casos en los cuatro MCG – modelos generales de circulación atmosférica – que se seleccionaron. Las salidas de estos modelos proporcionan posibles escenarios dados para el horizonte centrado en 2020 (promedio de 30 años centrado en el año seleccionado) por una condición dada por emisiones de gases de invernadero muy parecidas a las actuales, pero no tan altas en el caso de la familia A1FI (Orellana, et al., 2009).

Los aumentos en la temperatura y la distribución de ésta se deben a que es un escenario con un mundo heterogéneo, con aparente autosuficiencia y la conservación de las identidades locales. Las pautas de fertilidad en el conjunto de las regiones convergen muy lentamente, con lo que se obtiene una población mundial en continuo crecimiento.

El desarrollo económico está orientado básicamente a las regiones, y el crecimiento económico por habitante, así como el cambio tecnológico están fragmentados y son más lentos que en otras líneas evolutivas.

Se presenta en la península un aumento de temperatura al 2020 entre 1 y 1.25°. Sin embargo, hacia el norte centro de la costa yucateca y la Riviera Maya, el aumento que se presentaría es menor a 1°C (Orellana, et al., 2009). Si observamos el (Mapa I.4.9), podemos identificar la temperatura media anual por isotermas (INEGI, 2007) y pisos térmicos expresados por gradientes de color (Orellana, et al., 2009).

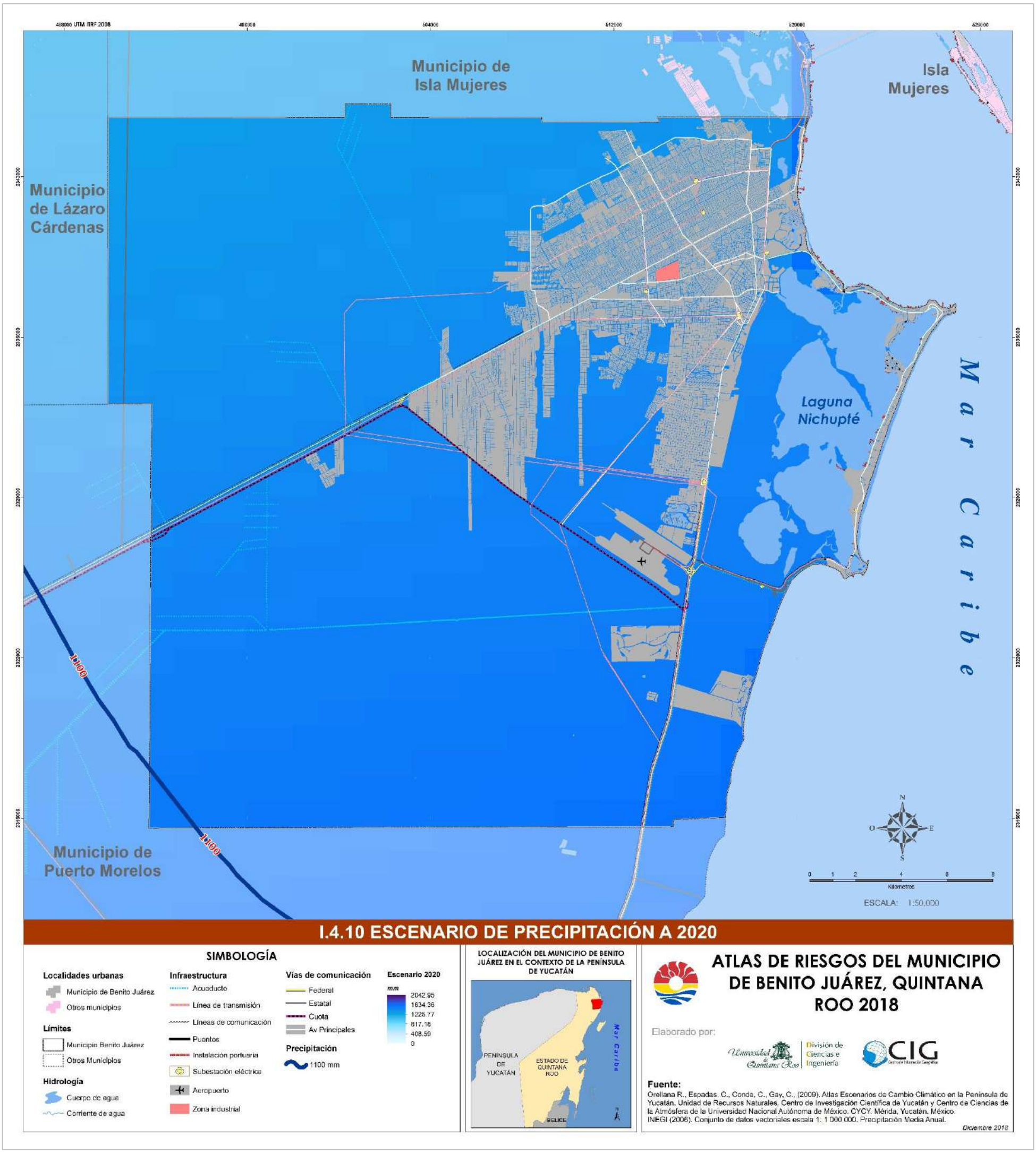
El intervalo de temperatura tiene una variación de temperatura en el municipio que va desde la zona norte y costa este de los 26.25°C a la parte central del municipio donde se podrían alcanzar temperaturas cercanas a los 26°C. La oscilación de la temperatura es mayor hacia el interior de la región y menor hacia las costas.



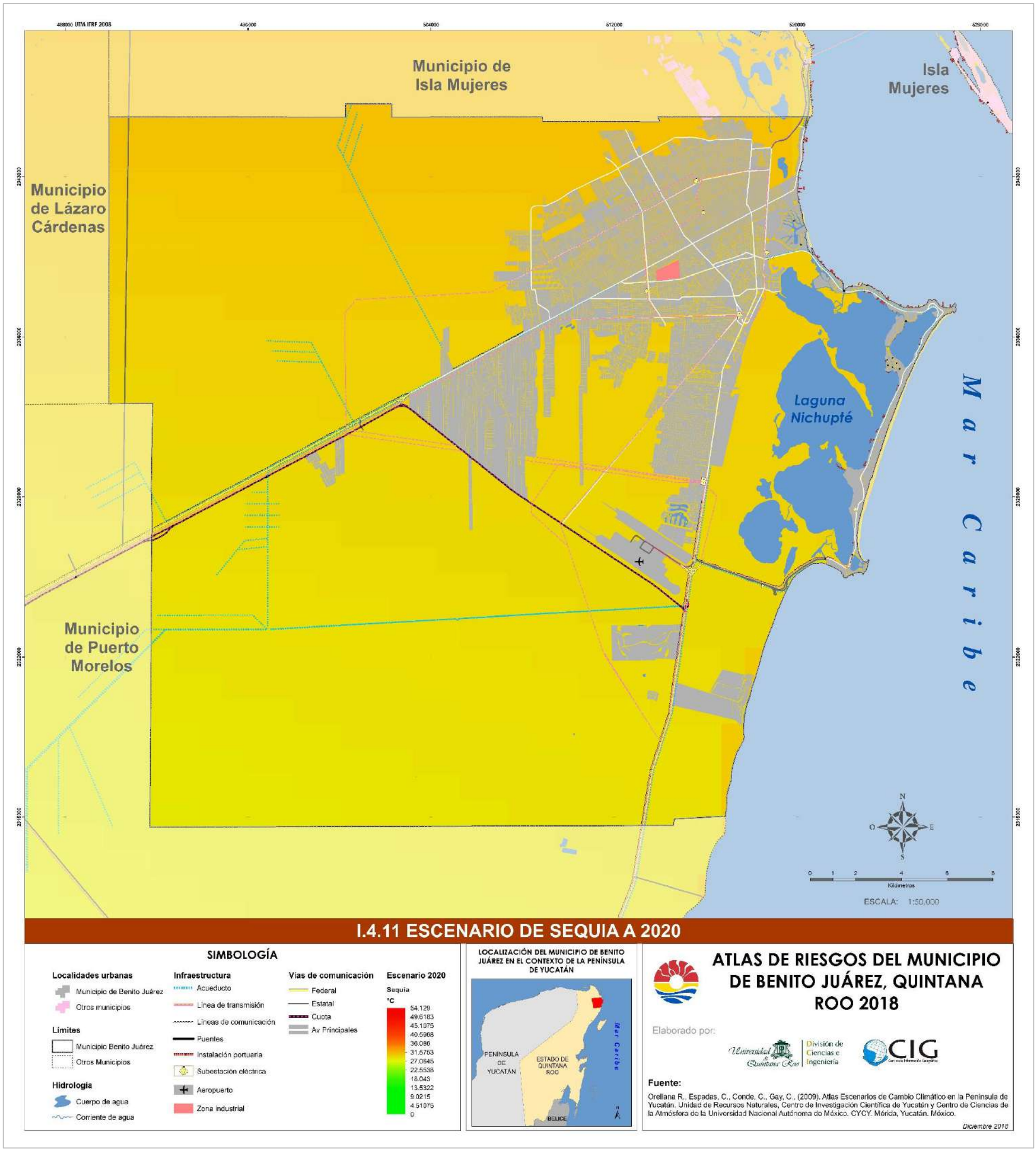
Ahora bien, para la variable precipitación la península de Yucatán está regida por patrones de circulación atmosférica propios de las zonas tropicales en el límite con las zonas áridas (Mapa I.4.10). La singularidad que tiene la región es la ausencia de orografía, lo cual no permite que se presente el efecto del ascenso orográfico de las nubes que descargan lluvia, como en otras regiones del país, el componente principal es el de lluvia convectiva (Orellana, et al., 2009). Para el municipio de Benito Juárez en el (Mapa I.4.10) se presentan las isoyetas de 2006 (INEGI) y el gradiente de precipitación a 2020 del escenario A2 (Orellana, et al., 2009).

La precipitación pluvial en las zonas tropicales de México, por lo general, se presenta en la época de verano. En la Península de Yucatán, específicamente en el Estado de Quintana Roo, pueden existir áreas con régimen de lluvias intermedio o con patrones de lluvias uniformemente distribuidas en verano. Sin embargo, al igual que en

México, Centroamérica y el Caribe, se puede presentar el fenómeno de la sequía de medio verano, también denominado sequía intraestival o simplemente canícula. De acuerdo con Orellana, et al. (2009), la canícula se debe a perturbaciones en la circulación de los vientos alisios. Se esperaría, por tanto, que el efecto del calentamiento global también afecte al régimen de lluvias, lo que modifica sus patrones de frecuencia en el territorio del municipio.



En el municipio de Benito Juárez las variaciones esperadas para un escenario a 2020 muestran que el efecto de sequía se presentaría con aumento en la gradiente hacia la región noroeste del municipio (Mapa I.4.11) llegando hasta el 50% de la época de secas sin presentar alguna precipitación.



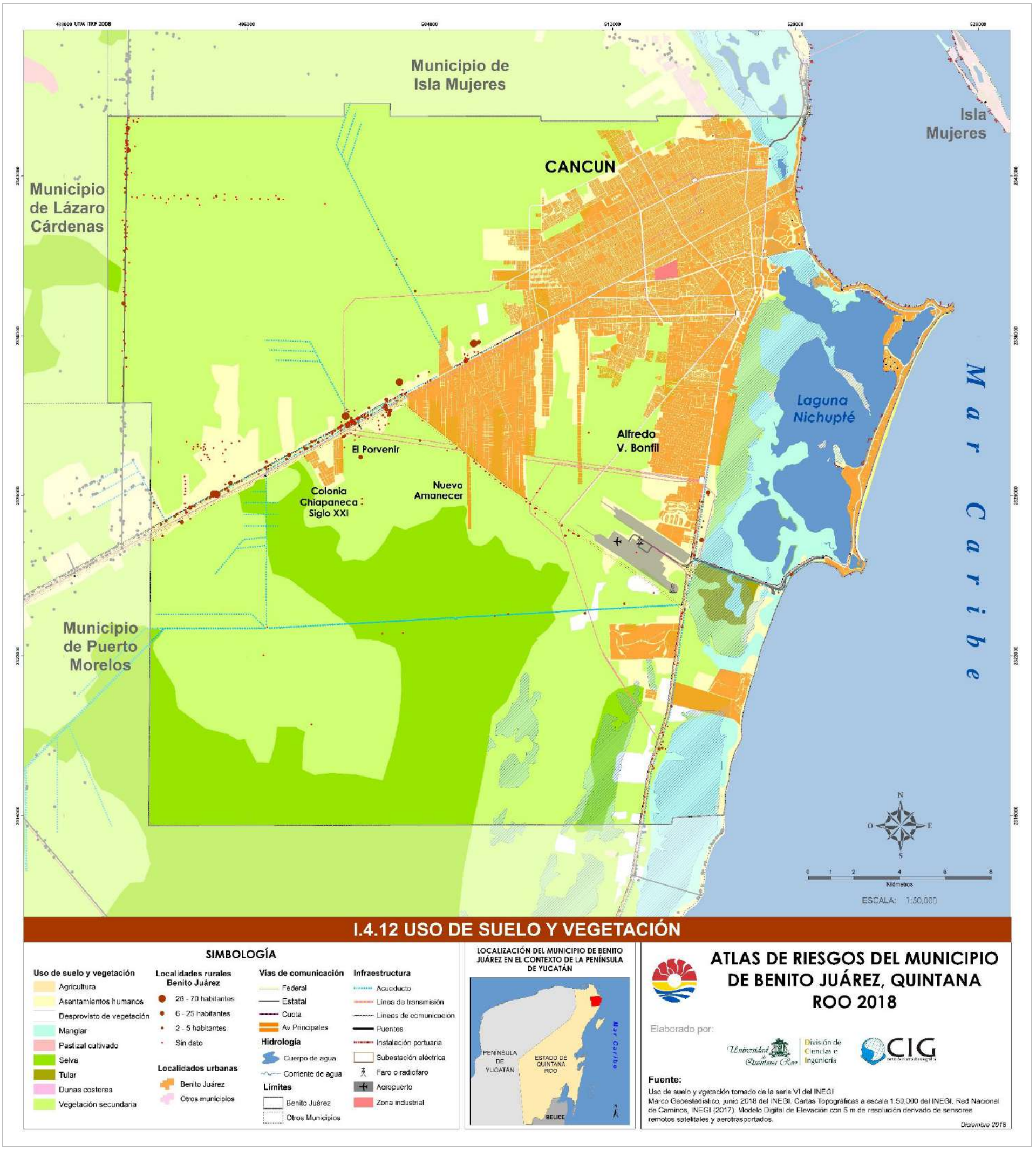
Uso de suelo y vegetación

El grado de riesgo y de vulnerabilidad de cada ciudad depende de factores físicos, sociales, económicos y ambientales que son específicos a cada lugar. La vulnerabilidad aumenta cuando se combinan varios de esos factores, entre los que se cuentan la ubicación de las viviendas, la mala gestión de cuencas hidrográficas o la naturaleza del suelo.

Es importante resaltar que al modificar nuestro entorno al momento de hacer la planeación urbana se deberían de considerar: factores medioambientales, normativos, zona geográfica, las condiciones físicas y de suelos en donde se va a edificar, esto con la finalidad de lograr un desarrollo sustentable. Por ejemplo, un factor importante para mitigar estos riesgos sería evitando zonas inadecuadas al momento de planear nuevos asentamientos, así como una buena infraestructura, entre otras más, lo que haría que estas comunidades sean fuertes o débiles ante estos eventos.

Aunque la población asentada en las zonas urbanas no llega a ocupar el 50% del municipio (aún), su territorio es objeto de una fuerte presión de desarrollo inmobiliario, por su principal actividad productiva, el turismo, por lo que deberán atenderse las condicionantes del territorio de tal forma que solo se urbanicen las áreas con aptitudes y se preserven las áreas que representan un riesgo y las que por su valor medio ambiental deban permanecer prístinas.

Por lo anterior, en esta sección se presenta la distribución del uso de suelo y vegetación en el municipio de Benito Juárez actualmente (Mapa I.4.12), basado en las cartas de “Uso del suelo y vegetación de México, (Serie VI)”, INEGI, 2014-2017, la cual se encuentra de la siguiente manera: para asentamientos humanos se ocupan 197.56 km^2 del territorio municipal, existen 6.22 kilómetros cuadrados desprovistos de vegetación, 44.83 km^2ocupados por manglar, acompañados de 14.2 km^2de vegetación secundaria arbustiva de manglar, 3.89 km^2 de tular, así como espacios cubiertos por selva baja caducifolia, selva mediana subperennifolia con 7.46 y 128.66 kilómetros cuadrados, respectivamente. Y finalmente, vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia (198.07 km^2), vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subperennifolia (273.5 km^2) y vegetación herbácea de selva mediana subpernnifolia (0.27 km^2).



Áreas Naturales Protegidas

Las áreas naturales protegidas (ANP) son espacios establecidos por el Estado para su preservación y sujetos a un marco legal para garantizar la conservación de sus riquezas medioambientales y culturales. Estas ANP se dividen en 4 grupos: Áreas de Protección de Flora y Fauna, Parques Nacionales, Áreas de Protección de Recursos Naturales y Reserva de la Biosfera.

Existen ANP localizadas en el municipio de Benito Juárez, entre las que se encuentran el Parque Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc (Mapa I.4.13). Esta Área Natural Protegida conocida como Parque Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc nació bajo la figura de Parque

Marino Nacional; su programa de manejo se dio a conocer en 1998 y por adecuaciones en las categorías de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), fue re-categorizada como Parque Nacional en el año 2000. Sus principales objetos de conservación son las formaciones arrecifales coralinas, el ecosistema más diverso que existe en los mares del planeta. Esto confiere al parque un compromiso de importancia internacional, ya que sus arrecifes forman parte del Sistema Arrecifal Mesoamericano, el más largo del Atlántico Occidental. Para ello, existe un esfuerzo conjunto de los Gobiernos de México, Belice, Guatemala y Honduras para salvaguardar esta biodiversidad y riqueza del Mar Caribe. Los arrecifes coralinos de esta Área Natural Protegida representan un recurso muy importante en términos económicos para el Estado de Quintana Roo, pues se ubican en la parte norte del corredor turístico Cancún-Tulum, que los hace un importante punto de atracción turístico para los mercados de México, Estados Unidos, Canadá, Sudamérica y Europa.

Esta ANP con sus grandes estructuras coralinas proporcionan un servicio ambiental de seguridad nacional, ya que protegen a la línea de costa, minimizando el impacto del oleaje y corrientes que se generan durante tormentas y huracanes, reduciendo así, la erosión de la costa y el acceso del mar a tierra. Su pérdida significaría inundaciones recurrentes, pérdida de playas y de infraestructura urbana, turística y de comunicación, dada la topografía plana y con un mínimo de altura sobre el nivel del mar con los altos costos económicos que suponen, el alto riesgo e incluso de afectaciones graves con la muerte de personas.

Otra ANP que, si bien no se encuentra ubicada en la geografía del municipio de Benito Juárez, no podemos dejar de mencionarla por su importancia y cercanía, es el Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos (Mapa I.4.13) decretada el 02/02/1998, es categorizada como Parque Nacional y administrada por la CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas) con una superficie total de 9,066.63 hectáreas. Designada como sitio RAMSAR – 13431.

El acceso al parque puede ser a través de la carretera federal 307 la cual tiene una desviación al poblado de Puerto Morelos o a través de embarcaciones menores que generalmente parten de la ciudad de Cancún o del poblado de Puerto Morelos. En 1988, los arrecifes fueron perturbados por el huracán Gilberto, y dos meses después por la tormenta tropical Keith. Observaciones realizadas aproximadamente dos meses después de las tormentas, indicaron que la biota coralina de las zonas someras del arrecife fue devastada, Antes del huracán Gilberto, la cobertura coralina era de entre 30 y 40% en las zonas someras, disminuyendo a menos del 5% con dicho evento. los arrecifes incluidos en el Parque Nacional están amenazados por una gran variedad de actividades antropogénicas que incluye la colisión de embarcaciones, y el golpeo y fragmentación de organismos bentónicos por buzos y esnorqueadores. El impacto de estas actividades a la fecha no ha sido evaluado.

Es posible que también ocurra contaminación proveniente de tierra, principalmente filtración de aguas negras, ya que la zona costera aledaña al Parque Nacional carece de drenaje y muchas de las fosas sépticas están mal construidas. Esto aunado a la naturaleza kárstica del suelo representa un problema potencial que podría resultar en la degradación de la calidad del agua.

El Área Natural Protegida Manglares de Nichupté fue decreta el 26 de febrero 2008 (Mapa I.4.13), con la categoría de Área de Protección de Flora y Fauna, perteneciente al municipio de Benito Juárez. Cuenta con una superficie de 4,257.49 ha. El tipo de vegetación que se encuentra en el área es selva perennifolia, vegetación hidrófila y manglar. Asimismo, el mangle que alberga es tipo mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle negro (*Avicennia germinans*), mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y Palma Chit (*Thrinax radiata*). De la misma manera se puede encontrar especies como el cocodrilo americano, cocodrilo del pantano, ranas, iguanas negras y tortugas verdes. El ANP Manglares de Nichupté es reconocida como sitio RAMSAR-1777.

También alberga cuerpos de agua nacionales, como las Lagunas Río Inglés y del Amor, así como diversos manantiales con especies de flora y fauna endémicas, amenazadas, sujetas a protección especial o en peligro de extinción, enlistadas en la Norma Oficial Mexicana Nom-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo, entre las que se destacan el mangle rojo, el mangle negro, el mangle botoncillo, el mangle blanco y la Palma Chit, así como el cocodrilo, la rana leopardo, la iguana y la tortuga blanca. La importancia de esta Área Natural Protegida consiste en el hecho de que es el relicto de humedales más importante, asociado al Sistema Lagunar Nichupté (SLN), que permite el mantenimiento y desarrollo de la dinámica ecológica lagunar y de los arrecifes que conforman el Parque Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc, que forman parte del Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM).

La Reserva de la Biósfera Caribe Mexicano es un área natural protegida de reciente creación. El decreto fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 7 de diciembre del 2016 y se anunció en el marco de la COP13 sobre Biodiversidad, que se llevó a cabo en México en diciembre de ese mismo año.

Se ubica al Este de la Península de Yucatán y cuenta con cinco ecorregiones marinas denominadas Plataforma del Golfo de México Sur, Plataforma del Caribe Mesoamericano, Talud del Caribe Mesoamericano, Cuenca de Yucatán y Cadena Montañosa Caimán.

Se localiza en los municipios de Isla Mujeres, Benito Juárez, Tulum y frente a las costas de Puerto Morelos, Solidaridad, Cozumel, Bacalar y Othón P. Blanco, en el estado de Quintana Roo, con una superficie total de 5,754,055.33 hectáreas.

El Caribe Mexicano se caracteriza por sus diversos hábitats: en el ambiente terrestre se encuentran selvas tropicales, como la selva mediana subperennifolia, selva mediana subcaducifolia y selvas bajas; en el ambiente costero existen dunas costeras, playas arenosas y lagunas costeras con vegetación como el pastizal inundable, petenes y manglares.

Alberga el 50% del Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM), siendo esta la primera y única barrera arrecifal trasfronteriza del mundo.

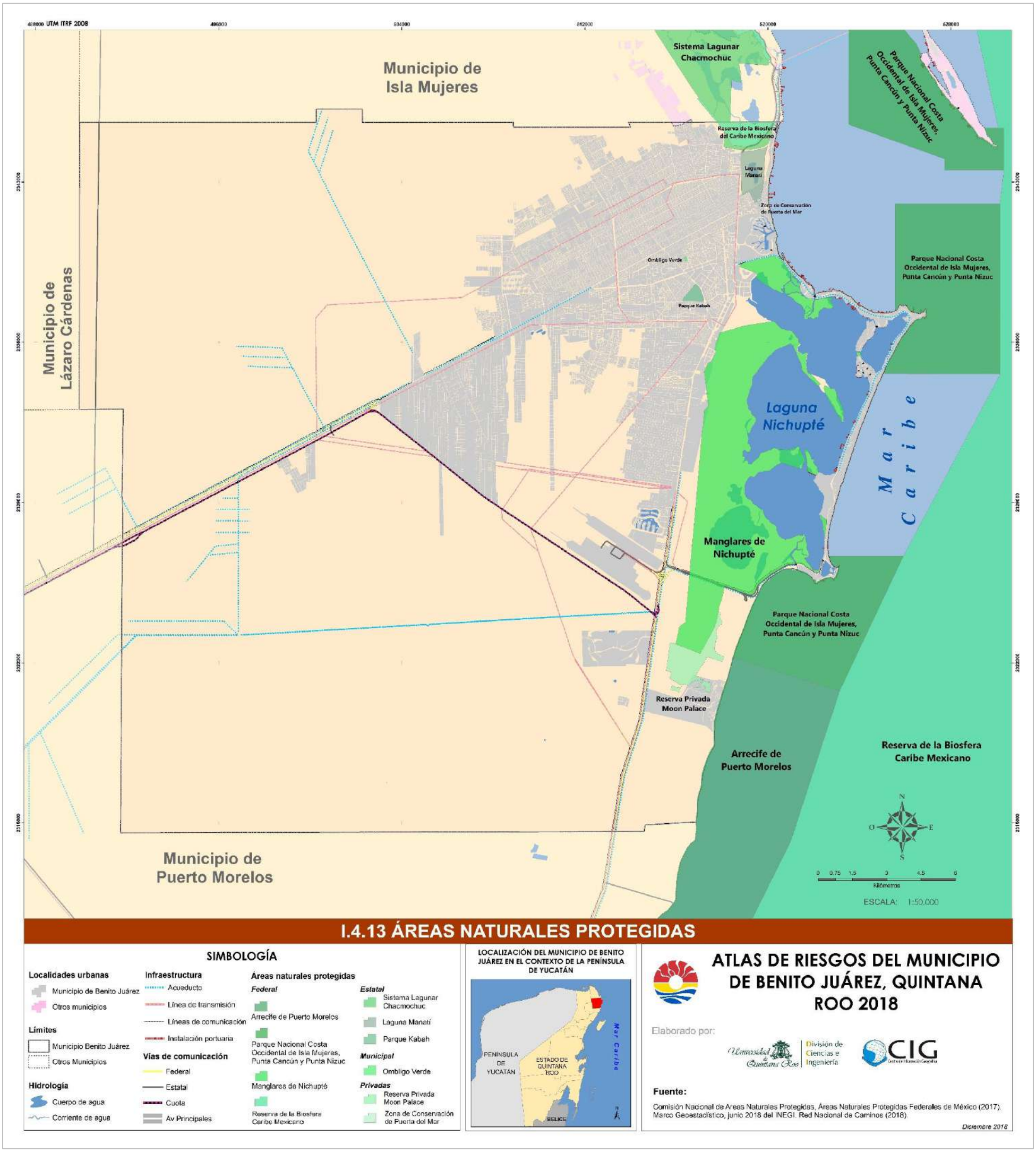
En el ambiente marino predominan lechos de pastos marinos y arrecifes de coral; destacando que todos los hábitats presentan especies de relevancia para la conservación como felinos, tortugas marinas, tiburones, rayas y peces asociados a los arrecifes coralinos, entre otros.

Con fundamento en los artículos 50 y 51 numeral III, inciso c del Reglamento de la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados (RLBOGM) y Conforme al Sistema Estatal de Áreas Naturales Protegidas (SEANPQROO), hasta junio de 2014, se encuentran registrados 11 Áreas Naturales Protegidas, con una superficie total por decreto de 312,864.672 hectáreas, de las cuales 90.91% son de competencia estatal y 9.09% de competencia municipal. De las cuales tres de competencia estatal se localizan en el municipio de Benito Juárez y una de competencia municipal, como se aprecia en la tabla siguiente:

Tabla 5. Áreas Naturales Protegidas

Nombre	Categoría	Administración	Localización	Municipio	Fecha de decreto	Superficie de decreto (has.)	% de ocupación respecto al total del ANP
ANP de competencia federal							
Manglares de Nichupté	Área de Protección de Flora y Fauna	CONANP	Ciudad de Cancún	Benito Juárez	26 de febrero de 2008	4,257.49	-
Reserva de la Biósfera del Mar Caribe	Reserva de la Biósfera	CONAMP	Este de la Península de Yucatán	Municipios de Isla Mujeres, B. Juárez, Tulum y frente a las costas de Pto. Morelos, Solidaridad, Cozumel, Bacalar y Othón P. Blanco.	7 de diciembre de 2016	5,754,055.33	0.00003163
Arrecife de Puerto Morelos	Parque Nacional	CONANP	Norte del municipio de Puerto Morelos	Puerto Morelos	02 de febrero de 2019	9,066.63	N/A
ANP de competencia estatal							
Parque Kabah	Parque urbano	Patronato Parque Kabah	Av. Kabah Esq., Av. Nichupté, Ciudad de Cancún	Benito Juárez	10 de noviembre de 1995	41.489	0.013%
Laguna Manatí	Zona sujeta a conservación ecológica, refugio estatal de flora y fauna	SEMA	Prolongación Bonampak, a un costado de la colonia Lombardo Toledano, Cd. de Cancún	Benito Juárez	9 de agosto de 1999	202.990	0.065%
Sistema Lagunar Chacmochuch	Zona sujeta a conservación ecológica, Refugio estatal de flora y fauna	SEMA	Camino antiguo Basurero de Cancún, atrás de la Universidad del Caribe	Isla Mujeres y Benito Juárez	9 de agosto de 1999	1,914.520	0.612%
ANP de competencia municipal							
Ombligo verde	Reserva ecológica municipal	MBJ	Lote 1 Y 2, Mza. 1, SM 33 , Lote 1, Mza.1 , SM 34 Av. Kabah de la Ciudad de Cancún	Benito Juárez	22 de octubre de 2012	4.064	0.001%
Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación							
Reserva Privada Moon Palace	Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación	Hotel Moon Palace	Hotel Moon Palace	Benito Juárez	09 de marzo de 2013	318.73	-
Zona de Conservación de Puerta del Mar	Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación	CONANP	-	Benito Juárez	08 de noviembre de 2008	2.30	-

Fuente: Sistema Estatal de Áreas Naturales Protegidas (SEANPQROO). https://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/index.php/anpl/quintana-roo



El ANP Parque Kabah se declara con la categoría de parque urbano el 10 de noviembre de 1995, con el objeto de regular las acciones que, en materia de preservación y restauración, del equilibrio ecológico y protección al ambiente se realizan en bienes y zonas de jurisdicción del estado y los municipios que lo integran. Esta ANP presenta vegetación remanente de selva mediana subperennifolia, al igual se contemplan algunas áreas de selva media subperenenifolia. Asimismo, se aprecia un área perturbada que corresponde a los evidentes impactos ocasionados por la intensa actividad de extracción de tierra, piedra y recursos maderables.

Por su parte, el ANP Laguna Manatí se declara con la categoría de Zona Sujeta a Conservación Ecológica, así como Refugio Estatal de Flora y Fauna el 9 de agosto de 1999, con una superficie de 202.99 hectáreas. Esta área es

regulada por el estado a través de su Secretaría de Ecología y Medio Ambiente (SEMA) para asegurar la protección de los ecosistemas.

El Sistema Lagunar Chacmochuch, se declara Área Natural Protegida con la categoría de zona sujeta a conservación ecológica, y refugio estatal de flora y fauna, ubicada en los municipios de Benito Juárez e Isla Mujeres, el 9 de agosto de 1999. En esta área se identificaron 194 especies de flora y fauna típica de la Península de Yucatán. El valor funcional del sistema lagunar para la mayoría de las especies registradas se manifiesta actualmente como un espacio para la alimentación, descanso, reproducción, desarrollo y maduración de los individuos y por tanto es indispensable para que completen su ciclo biológico. Considerado uno de los soportes de la calidad turística de los ecosistemas arrecifales de la zona marina adyacente, debido al aporte continuo de nutrientes que enriquecen las aguas oligotróficas del Caribe, y constituyen una trampa de sedimentos que de alcanzar las aguas costeras serían un peligro para la existencia saludable de las formaciones coralinas.

De la misma manera, el ANP de competencia municipal denominada Ombligo Verde, fue declarada el 22 de octubre de 2012 la primera zona de preservación ecológica municipal para la protección, conservación, restauración, regeneración del medio ambiente. Considerado uno de los últimos pulmones de la ciudad de Cancún. De ahí la importancia de destacar la noble defensa que de estos espacios han venido realizando organizaciones ecologistas y de la sociedad civil, salvaguardando con ello, su flora y fauna y haciendo popular el nombre del “Ombligo Verde” de la ciudad de Cancún.

1.5 Caracterización de los elementos sociales, económicos y demográficos del municipio de Benito Juárez, Quintana Roo

Dinámica demográfica

La Encuesta Intercensal 2015 registró en ese año en el estado de Quintana Roo 1,501,562 personas. Comparando esta cifra diez años atrás con los 1,135,309 habitantes del Conteo 2005, se aprecia un crecimiento absoluto de más de 366,253 mil nuevos residentes en el estado.

De igual forma, en el municipio de Benito Juárez, con base a la encuesta Intercensal 2015, habían 743,626 habitantes, comparando dicha cifra diez años atrás con el Conteo 2005, se aprecia un crecimiento absoluto de 170,653 mil residentes nuevos en el municipio.

La modificación del polígono municipal de Benito Juárez en noviembre del 2015 para crear el municipio de Puerto Morelos genera la pérdida del 44.7% de su superficie territorial. Tomando el polígono actual de Benito Juárez y el Censo de Población y Vivienda 2010, existen 138 localidades dentro del municipio con una cantidad de 644,910 habitantes, de las cuales 136 son rurales con 1,704 habitantes. De acuerdo con las proyecciones del Consejo Nacional de Población (CONAPO) la población para el 2018 es de 848,465 personas.

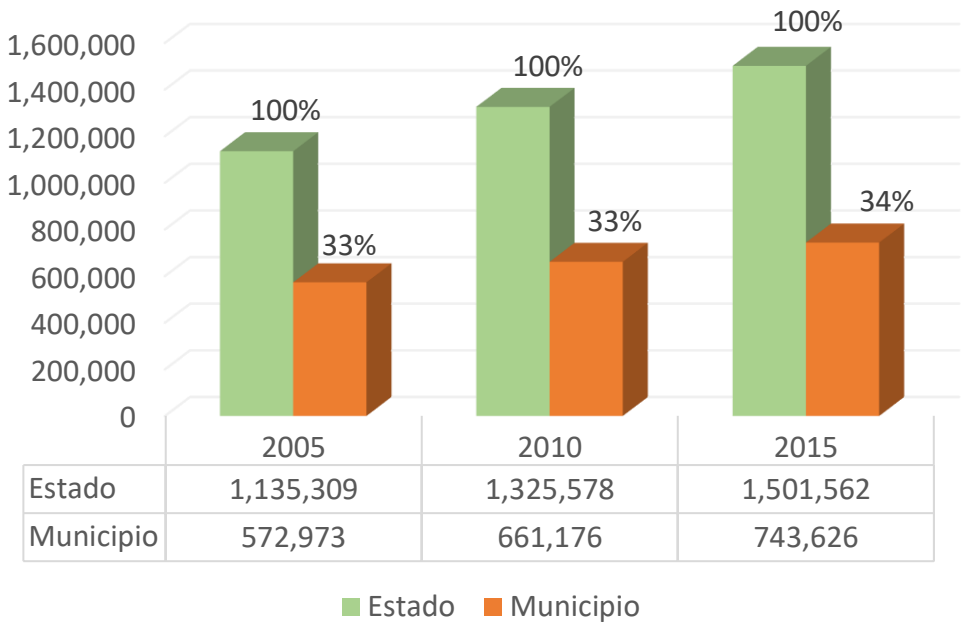
Tabla 6. Análisis comparativo de la población de la Entidad con respecto al Municipio.

Estado de Quintana Roo y Municipio de Benito Juárez						
	2005		2010		2015	
Datos Demográficos	Estado	Municipio	Estado	Municipio	Estado	Municipio
Población total	1,135,309	572,973	1,325 578	661,176	1,501,562	743,626
Hombres	574,837	289,293	673,220	334,945	751,538	370,758
Mujeres	560,472	283,680	652,358	326,231	750,024	372,866
Viviendas particulares habitadas	285,742	147,863	369,235	188522	441,200	222,072
Población hablante de lengua indígena de 3 años y más	170,982	*50,936	196,060	61,357	236,129	76,396

Fuente: INEGI. II Conteo de Población y Vivienda 2005; Censo de Población y Vivienda 2010; Encuesta Intercensal 2015.

*El dato proporcionado para el año 2005 de la población hablante de lengua indígena es de 5 años y más, ya que para II Conteo de Población y Vivienda 2005 no se contó con otro grupo de edad de hablante de lengua indígena.

Gráfica 2. Análisis comparativo de la población de la Entidad con respecto al Municipio.



Fuente: INEGI. II Conteo de Población y Vivienda 2005; Censo de Población y Vivienda 2010; Encuesta Intercensal 2015.

Proyección al 2010 - 2030 (por municipio según CONAPO)

De acuerdo con las proyecciones de CONAPO el municipio de Benito Juárez contará con una población estimada al 2030 de 1,101,009.63 habitantes (Tabla 7). En general podría ser aceptable esperar un crecimiento moderado de la población.

Tabla 7. Proyección de la población para el municipio de Benito Juárez, 2010 – 2030.

AÑO	2010	2013	2016	2020	2025	2030
Municipio	673 898.39	738 420.45	804 456.43	892 026.15	998 461.29	1 101 009.63

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados Proyecciones de Población, CONAPO 2010.

Distribución de población (por municipio)

El municipio de Benito Juárez (antes de la creación del Municipio de Puerto Morelos) según resultados de la Encuesta Intercensal 2015 publicada el 15 de marzo del mismo año, realizada por el Instituto Nacional de Geografía y Estadísticas e Informática (INEGI) está compuesto por una población total de 743,626 personas, donde 370,758 son hombres y 372,866 son mujeres.

De igual forma, el municipio muestra un incremento en su población en este último quinquenio y con base a su tasa de crecimiento anual de 2.6%, que proporciona la Encuesta Intercensal del 2015, se hace el cálculo de la distribución de población del municipio a partir del Censo de Población y Vivienda 2010 al 2015.

Tabla 8. Tasa de distribución anual de población del municipio de Benito Juárez

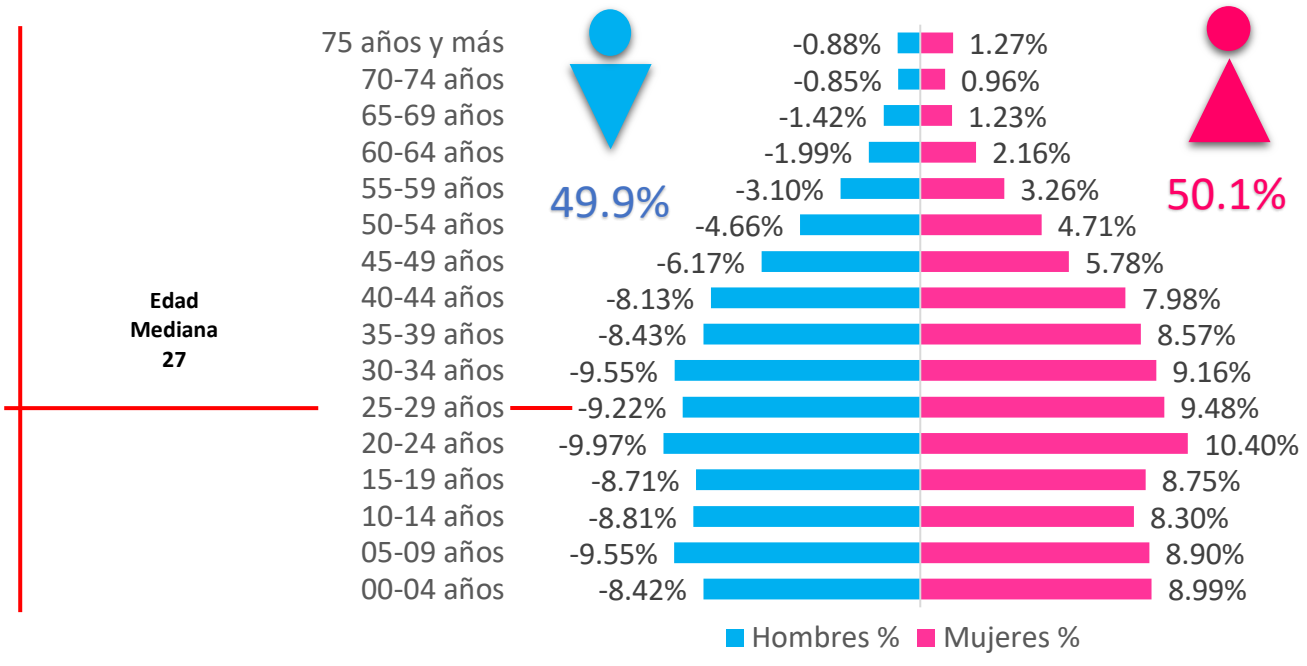
AÑO	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Benito Juárez	661,176	678,367	696,004	714,100	732,667	751,716

Fuente: INEGI. Elaboración propia a partir de los resultados del Censo de Población y Vivienda 2010 y Encuesta Intercensal 2015.

Composición por edad y sexo

El municipio de Benito Juárez está compuesto de 370,758 hombres y 372,866 mujeres según resultados de la Encuesta Intercensal 2015, lo que representa el 49.9% de hombres y 50.1% de mujeres.

Gráfica 3. Composición de la población por edad según sexo 2015, Municipio de Benito Juárez



Fuente: Encuesta Intercensal 2015.

La estructura de la población, mostrada se centraliza en relación con grupos de edad menores a 25 años (los cuales se consideran aún como dependientes económicos), de 26 a 59 años (como grupo de población económicamente activa) y mayores de 60 años (como personas de la 3ª edad).

Densidad de la población (por manzana en zonas urbanas)

El municipio de Benito Juárez tiene una densidad poblacional de 697.28 hab/km^2 y comprende el 4.7% del territorio estatal (Tabla 9).

Tabla 9. Densidad de población, Municipio de Benito Juárez

Municipio	
Densidad de población (hab/km²):	352.6
Superficie	4.7 del territorio estatal

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la Encuesta Intercensal 2015

Características sociales

Porcentaje de analfabetismo, población de 15 años y más que asiste a la escuela y grado promedio de escolaridad.

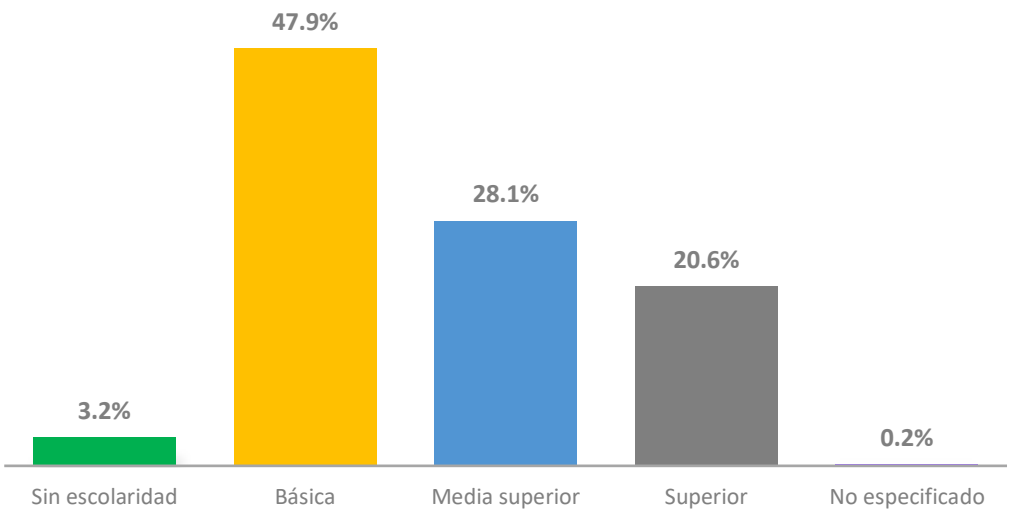
El analfabetismo se refiere a la población de 15 años y más que no sabe leer y escribir. El Porcentaje de población de más de 15 años del municipio de Benito Juárez que es analfabeta es del 2.34%.

De igual forma, tenemos la tasa de alfabetización, que se refiere a la población que sabe leer y escribir. A continuación, se presenta la tasa de alfabetización por grupo de edad del municipio:

15-24 años	99.0%
25 años y más	96.5%

Distribución de la población de 15 años y más según nivel de escolaridad:

Gráfica 4. Distribución de la población de 15 años y más según nivel de escolaridad, Municipio de Benito Juárez



Fuente: Encuesta Intercensal 2015.

La asistencia escolar por grupo de edad es la población que asiste actualmente a la escuela respecto al total de la población en ese grupo de edad, expresada por cada cien. Para el municipio de Benito Juárez se tiene que el 97% de la población en el rango de 6 a 11 años asiste a la educación básica y el 95% en el rango de 12 a 14 años a la educación media. Lo que refleja que han alcanzado una gran cobertura en esos dos niveles educativos.

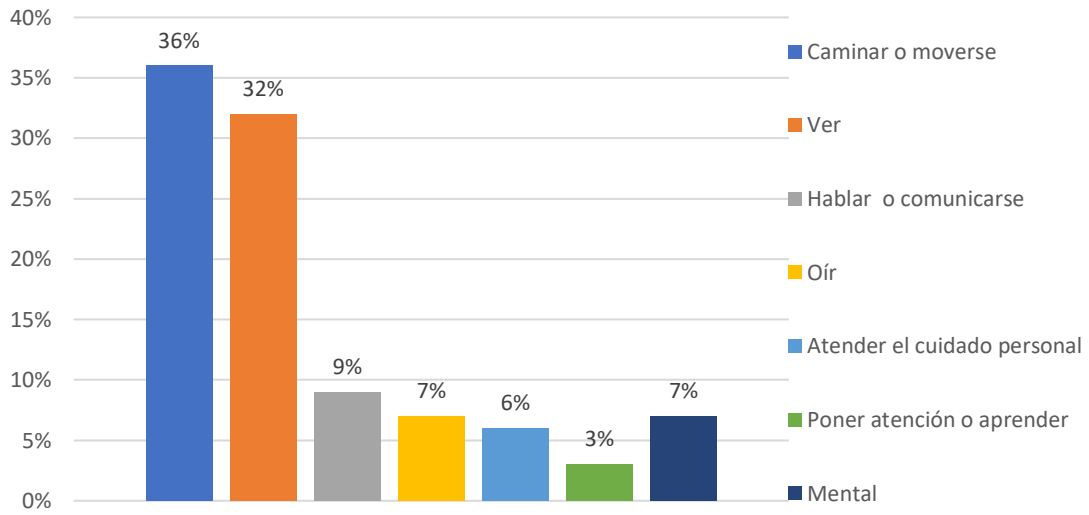
3-5 años	54.3%
6-11 años	97.0%
12-14 años	95.1%
15-24 años	40.6%

El grado promedio de escolaridad de la población de 15 años y más en el municipio de Benito Juárez es de 10.0 años, en promedio es equivalente al primer año de educación media superior de acuerdo con la Encuesta Intercensal 2015 frente al promedio de escolaridad de 9.6 años en la entidad.

Población con discapacidad (población con limitación en la actividad)

De acuerdo con el INEGI, en el 2010 en el municipio de Benito Juárez de cada 100 personas, 4 reportan alguna limitación física o mental para realizar las actividades en su vida diaria, obteniendo el 3.5% de la población con algún tipo de limitación.

Gráfica 5. Distribución porcentual de la población con discapacidad por tipo de limitación del municipio de Benito Juárez.



Fuente: Censo INEGI, 2010.

La limitación de la movilidad es la discapacidad con mayor proporción entre la población del municipio de Benito Juárez; el 36% se refiere a caminar o moverse, el segundo tipo de limitación es la de tener limitaciones visuales, aun utilizando lentes, la cual representa el 32%.

Población que habla alguna lengua indígena y no habla español

Quintana Roo es también la segunda entidad del país donde más nacimientos se registran de familias indígenas. El municipio de Benito Juárez según datos de la Encuesta Intercensal 2015 del INEGI, la población de 3 años y más que habla alguna lengua indígena constituye el 10.8% de los habitantes del municipio y el 0.28% corresponde a la población de 3 años y más de lengua indígena no habla español.

Porcentaje de población de habla indígena

En el municipio de Benito Juárez, el porcentaje de población de 3 años y más hablante de lengua indígena es el 10.8% de la población total municipal (Encuesta Intercensal 2015) siendo de las proporciones más bajas en el estado.

Las lenguas indígenas más frecuentes en el municipio de Benito Juárez son:

Tabla 10. Lengua indígena más frecuente en el municipio de Benito Juárez

Lenguas indígenas más frecuentes:	
Maya	86.0%
Tzotzil (tsotsil)	2.7 %

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Censo INEGI, 2010.

Salud (población sin derechohabiencia, médicos por cada mil habitantes y mortalidad)

La atención a la salud es uno de los componentes básicos de las condiciones de bienestar de la población en cualquier país. En México, destaca el papel del Instituto Mexicano del Seguro Social y la Secretaría de Salud.

En la Encuesta Intercensal 2015, se estimó la población afiliada a organizaciones de servicios de cuidado de la salud ya sean éstas públicas o privadas, así como la población que no cuenta con esta afiliación.

En el año 2015 en el municipio de Benito Juárez, el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) cubre más de la mitad de la población afiliada a una organización que presta servicios de salud (77.40%), seguido del Seguro Popular o Seguro Médico para una Nueva Generación que cuenta con 24.04% afiliados. El 4.72% de las personas declaró estar inscrita al Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE); mientras que el resto de las instituciones alcanzan en conjunto al 5.9% de la población incorporada, y de las personas no afiliadas a algún servicio de salud se tiene como resultado el 22.21% (Tabla 11).

Tabla 11. Distribución porcentual según condición de afiliación a servicio de salud del municipio de Benito Juárez

Municipio	Total	Condición de afiliación (%) a/								
		Afiliada b/							No afiliada	No especificado
		Total	IMSS	ISSSTE e ISSSTE estatal	PEMEX, Defensa o Marina	Seguro Popular o para una Nueva Generación	Institución Privada	Otra institución d/		
Benito Juárez	743 626	77.40	67.66	4.72	0.20	24.04	4.61	1.09	**22.21**	0.39

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la Encuesta Intercensal 2015.

En el año del 2010, las unidades médicas en el municipio eran de 43 (16.3% del total de unidades médicas del estado), de igual forma, el personal médico era de 662 personas (31.4% del total de médicos en la entidad) y la razón de médicos por unidad médica era de 15.4, frente a la razón de 8 en todo el estado.

La mortalidad representa la proporción de defunciones de una población, durante el 2015 en el municipio de Benito Juárez se registraron 3,137 defunciones, en general, las enfermedades del corazón, diabetes mellitus y tumores malignos siguen siendo las principales causas de muerte en el municipio, así como en la entidad. En la siguiente tabla pueden observarse los grupos de edad con un mayor número de fallecimientos para 2018.

Tabla 12. Mortalidad general por edad especifica

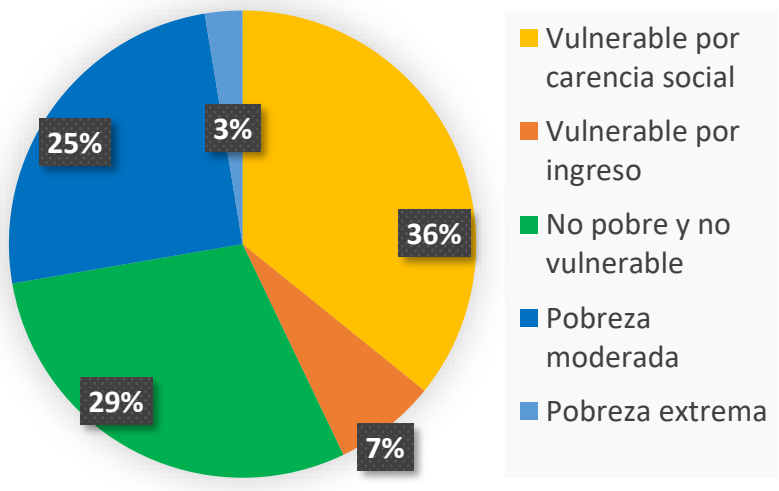
RANGO DE EDAD	MUERTES POR RANGO DE EDAD
0-4 años	150
5-9 años	17
10-14 años	22
15-19 años	59
20-24 años	139
25-29 años	152
30-34 años	140
35-39 años	149
40-44 años	176
45-49 años	218
50-54 años	213
55-59 años	267
60-64 años	244
65-69 años	260
70-74 años	271
75-79 años	200
80-84 años	180
85 años y más	254

Fuente: INEGI, Registro Administrativos – Mortalidad, datos actualizados a septiembre 2018 https://www.inegi.org.mx/programas/mortalidad/default.html#Tabulados

Pobreza

En 2015, el 43% del total de la población se encontraban en pobreza, de los cuales 36% presentaban pobreza moderada y 7% estaban en pobreza extrema.

Gráfica 6. Pobreza del municipio de Benito Juárez



Fuente: Estimaciones del CONEVAL y la Encuesta Intercensal 2015.

Hacinamiento (promedio de ocupantes por cuarto)

En el Municipio de Benito Juárez el promedio de ocupantes por vivienda es de 3.3%, es decir que tienen más de tres ocupantes por vivienda.

Tabla 13. Hacinamiento del Municipio de Benito Juárez

Municipio	Población Total	Promedio de ocupantes en viviendas particulares habitadas	Total de viviendas particulares habitadas	Viviendas con 1 cuarto		Con hacinamiento	
				Viviendas particulares	Promedio de ocupantes en viviendas particulares	Personas	Vivienda
Benito Juárez	743,626	3.3	222,072	221,50	13.29	13.2	9.1

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la Encuesta Intercensal 2015.

Marginación

La marginación es un fenómeno multidimensional y estructural originado, en última instancia, por el modelo de producción económica expresado en la desigual distribución del progreso, en la estructura productiva y en la exclusión de diversos grupos sociales, tanto del proceso como de los beneficios del desarrollo. (CONAPO, 2011). De esta manera, la marginación se asocia a la carencia de oportunidades sociales y a la ausencia de capacidades para adquirirlas o generarlas, pero también a privaciones e inaccesibilidad a bienes y servicios fundamentales para el bienestar.

El municipio de Benito Juárez presenta un índice de marginación de -1.474 y un grado de marginación Muy bajo, ocupando el noveno lugar de marginación en el contexto estatal.

Tabla 14. Índice y grado de marginación del municipio de Benito Juárez

Municipio	Índice de marginación	Grado de marginación	Lugar que ocupa en el contexto estatal	Lugar que ocupa en el contexto nacional
Benito Juárez	-1.474	Muy bajo	9	2,328

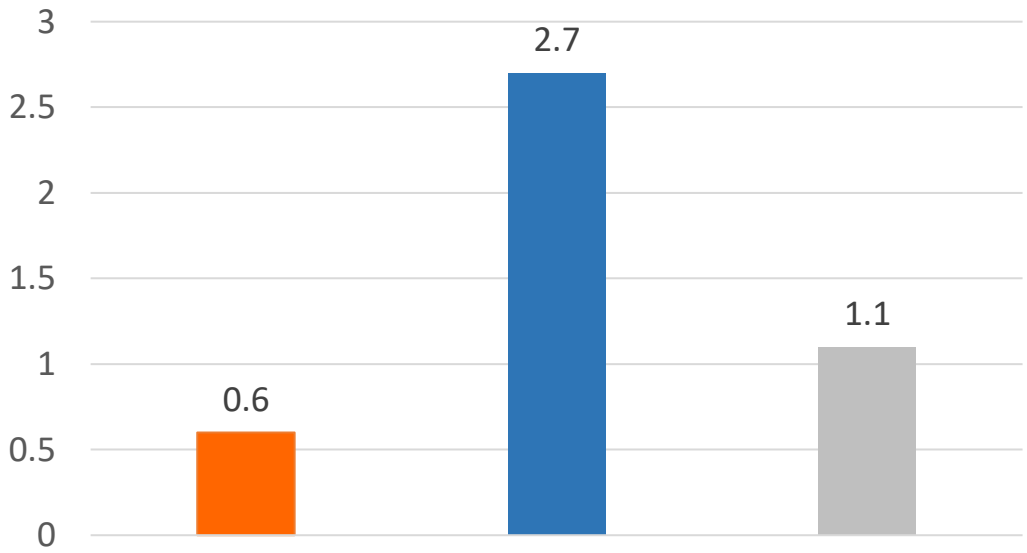
Fuente: Estimaciones del CONAPO con base a información del INEGI, Encuesta Intercensal 2015.

Características de la vivienda

Viviendas con materiales de construcción precarios

La falta de un recubrimiento en los pisos de una vivienda tiene implicaciones importantes en la salud de los ocupantes, debido a que está relacionado con las condiciones de higiene. El municipio de Benito Juárez, las viviendas con piso de tierra representan con un porcentaje menor de 1.1% que es muy bajo en comparación con los otros municipios de la entidad.

Gráfica 7. Viviendas con materiales precarios de construcción



Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la Encuesta Intercensal 2015

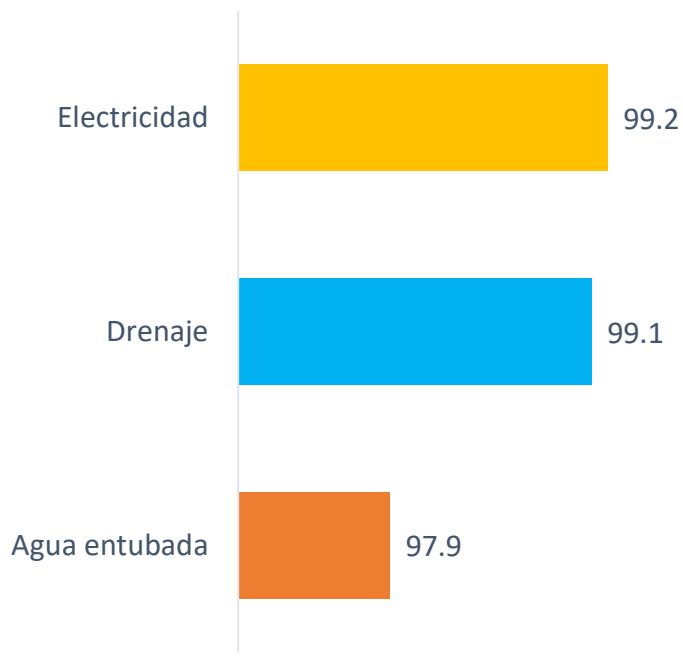
Disponibilidad de servicios en la vivienda

De los servicios básicos, con que cuentan las viviendas en el municipio, la electricidad presenta los mayores avances llegando casi a la cobertura total en el 2015 con un 99.2%, siendo uno de los municipios con el mayor porcentaje de viviendas que cuentan con este servicio.

De igual forma, un servicio esencial para la población lo constituye el abastecimiento de agua potable de la red pública, el porcentaje de viviendas particulares habitadas que cuentan con este servicio es de 97.9%.

En Quintana Roo, otro servicio fundamental para sustentar condiciones sanitarias adecuadas en la vivienda y el entorno donde se desarrolla la vida cotidiana de la población es el drenaje. Sin embargo, a nivel municipal existen algunas diferencias. El porcentaje más alto corresponde al municipio de Benito Juárez con un 99.1%.

Gráfica 8. Disponibilidad de servicios en la vivienda



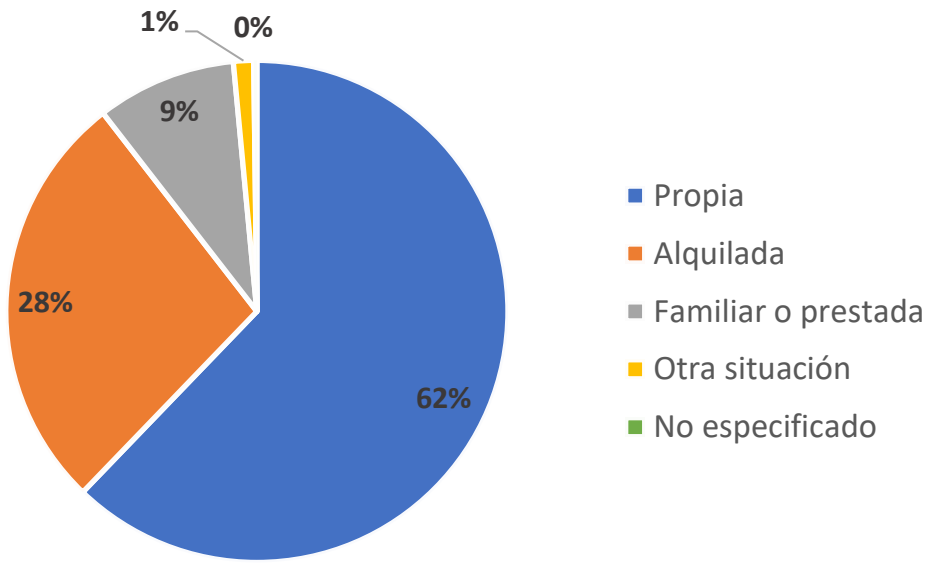
Fuente: Encuesta Intercensal 2015.

Tenencia de la vivienda

La tenencia de la vivienda hace referencia a la situación legal o de hecho en virtud de la cual los ocupantes que la habitan ejercen su posesión.

En la gráfica se puede observar que en el municipio de Benito Juárez el 62% de las viviendas particulares habitadas son propias, de ahí le siguen las viviendas rentadas con el 28%, con el 9% la vivienda familiar o prestada y por último las viviendas en otra situación con el 1%.

Gráfica 9. Tenencia de la vivienda del Municipio de Benito Juárez



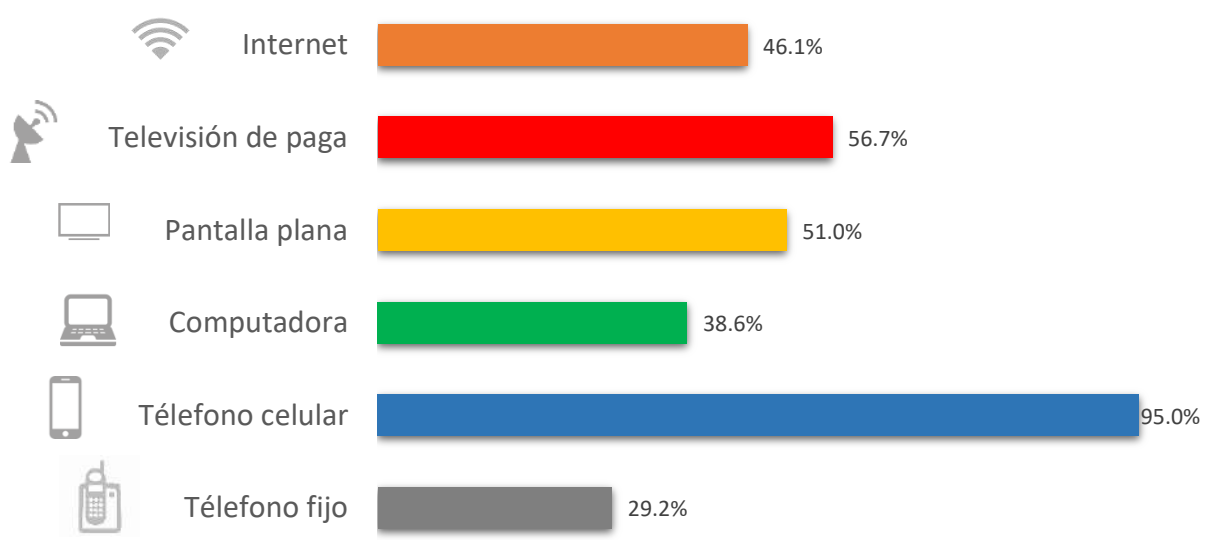
Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la Encuesta Intercensal 2015.

Disponibilidad de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC)

La captación de información sobre disponibilidad de bienes y de acceso a tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en la vivienda particular habitada, es de gran importancia, pues se considera que con éstas se adquiere conocimiento sobre las variables que permiten identificar la incorporación de la población a la vida moderna.

En el municipio de Benito Juárez, los porcentajes de viviendas con Internet, pantalla plana y computadoras son 46.1, 51.0 y 38.6%, respectivamente. De igual forma, en las viviendas del municipio el 56.7% dispone de los servicios de televisión de paga y el 29.2% de teléfono fijo. Por último y el más alto de esta categoría está disponible el teléfono celular con el 95.0%.

Gráfica 10. Disponibilidad de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en el municipio de Benito Juárez



Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la Encuesta Intercensal 2015.

Déficit de vivienda

Por el contrario, de acuerdo con la Encuesta Intercensal 2015, en Quintana Roo en el 2015, de las 222,072 viviendas particulares habitadas en el Municipio de Benito Juárez, el 3.04% no cuenta con acceso a agua entubada, el 0.46% no cuenta con servicio de drenaje en la vivienda, el 0.78% no cuenta con luz eléctrica y el 1.13 % cuenta con piso de tierra (Tabla 15).

Tabla 15. Deficiencia en la cobertura en servicios básicos en la vivienda del municipio de Benito Juárez

Municipio	Viviendas particulares habitadas	No disponen de agua entubada (%)	No cuentan con drenaje (%)	No disponen de energía eléctrica (%)	Viviendas con paredes de material de desecho y láminas de cartón (%)	Con piso de tierra (%)
Benito Juárez	222,072	3.04	0.46	0.78	0.32	1.13

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la Encuesta Intercensal 2015.

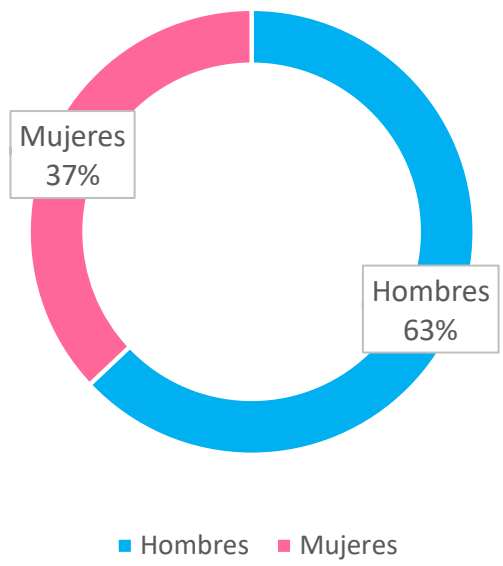
Con los datos de la deficiencia en la cobertura en servicios básicos en la vivienda del municipio (Tabla 15) se obtiene un déficit de vivienda de 1.45%, cabe resaltar que el déficit de vivienda es el resultado de un explosivo crecimiento demográfico, la inequitativa distribución de la riqueza, la falta de financiamiento de algunos sectores de la población para poder adquirir una vivienda. Además, el problema no sólo se remite a la insuficiencia de la vivienda sino también a las condiciones de esta.

Características económicas

De acuerdo con las estimaciones de la Encuesta Intercensal 2015 realizadas por el INEGI, en el municipio de Benito Juárez la población económicamente activa representa el 61.84% del total de la población de 12 años y más, y él 38.06% corresponde a la población no económicamente activa.

De igual forma, del total de la población económicamente activa, 351,489 se encuentra ocupada lo que representa el 97.29%, de estos 221,335 son hombres y 130,178 son mujeres. El 2.71% se encuentra desocupada.

Gráfica 11. Población económicamente activa según sexo del Municipio de Benito Juárez



Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la Encuesta Intercensal 2015.

La población ocupada del municipio de Benito Juárez según su división ocupacional de comerciantes y trabajadores en servicios diversos presenta un porcentaje del 49.52% siendo este el más alto de la división, seguido de los funcionarios, profesionistas, técnicos y administrativos con él 32.58%, de igual forma, le sigue con

el 16.65% los trabajadores en la industria y por último con 0.45% los trabajadores agropecuarios siendo este el más bajo del grupo (Tabla 16).

Tabla 16. Población ocupada y su distribución porcentual según división ocupacional

Municipio	Población ocupada	División ocupacional a/(Porcentaje)				
		Funcionarios, profesionistas, técnicos y administrativos /b	Trabajadores Agropecuarios	Trabajadores en la industria c/	Comerciantes y trabajadores en servicios diversos d/	No especificado
Benito Juárez	351,489	32.58	0.45	16.65	49.52	0.80

a/ Corresponde a las ocupaciones agrupadas del Sistema Nacional de Clasificación de Ocupaciones 2011 SINCO.
b/ Comprende: funcionarios, directores y jefes; profesionistas y técnicos; así como trabajadores auxiliares en actividades administrativas.
c/ Comprende: trabajadores artesanales; así como operadores de maquinaria industrial, ensambladores, choferes y conductores de transporte.
d/ Comprende: comerciantes, empleados en ventas y agentes de ventas; trabajadores en servicios personales y vigilancia; así como trabajadores en actividades elementales y de apoyo.
Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la Encuesta Intercensal 2015, INEGI.

La población ocupada en el sector de servicios es del 66.80% siendo este el más alto, de ahí le sigue el sector de comercio con él 18.00%, el sector secundario con el 13.43% y con el 0.58% el sector de primario.

Tabla 17. Población ocupada y su distribución porcentual según sector de actividad económica

Municipio	Población ocupada	Sector de actividad económica (Porcentaje)				
		Primario a/	Secundario b/	Comercio	Servicios c/	No especificado
Benito Juárez	351,489	0.58	13.43	18.00	66.80	1.19

a/ Comprende: agricultura, ganadería, silvicultura, pesca y caza.
b/ Comprende: minería, extracción de petróleo y gas, industria manufacturera, electricidad, agua y construcción.
c/ Comprende transporte, gobierno y otros servicios.
Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la Encuesta Intercensal 2015, INEGI.

El municipio presenta de la población económicamente activa (12 años o más) que percibe hasta dos salarios mínimos una cantidad del 19% considerado un porcentaje medio para el municipio de Benito Juárez.

Tabla 18. Población ocupada y su distribución porcentual según ingreso por trabajo

Municipio	Población ocupada	Ingreso por trabajo (Porcentaje)			
		Hasta 1 s.m.	Más de 1 a 2 s.m	Más de 2 s.m	No especificado
Benito Juárez	351,489	4.31	19.00	65.28	11.41

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la Encuesta Intercensal 2015, INEGI.

Existe una razón de dependencia del 42% que es similar a la estatal (45%) y la Tasa de desempleo abierto es del 2.71% situación que influye sobre la capacidad de consumo de la población, así como en la capacidad de generar los recursos que posibiliten la adquisición de bienes satisfactorios.

Infraestructura

El Portal de Datos Abiertos del Gobierno de la República reporta para el municipio de Benito Juárez al 2018 la existencia de 2 Bibliotecas, 3 centros culturales, 5 museos y 3 teatros.

Tabla 19. Espacios culturales del Municipio de Benito Juárez

Concepto	Cantidad
Bibliotecas públicas	5
Centros Culturales	3
Museos	5
Teatros	4

Fuente: Elaboración propia con base a datos abiertos de México, https://datos.gob.mx/busca/dataset?theme=Infraestructura

Respecto a la infraestructura escolar, el municipio de Benito Juárez cuenta con 269 planteles.

Tabla 20. Planteles, aulas, bibliotecas, laboratorios, talleres y anexos en uso a inicio de cursos, Ciclo escolar 2015/16 del municipio de Benito Juárez

Concepto	Cantidad
Planteles	269
Aulas	3024
Bibliotecas	27
Laboratorios	143
Talleres	190
Anexos a/	3297

Nota: La información está expresada en términos de planta física, pues esa misma infraestructura puede servir para el funcionamiento de varias escuelas y turnos.
a/ Comprende: Bodega, baño, dirección y cooperativa.

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Anuario estadísticos y geográficos de Quintana Roo 2017, INEGI

En lo que respecta a la infraestructura deportiva, el Anuario Estadístico y Geográfico de Quintana Roo 2017 para el municipio de Benito Juárez reportó 1 alberca, 79 campos de futbol, 129 canchas de basquetbol, 13 canchas de voleibol, 70 centros y unidades deportivas, 2 campos de golf (Tabla 21).

Tabla 21. Centros y unidades deportivas registradas en la Comisión para la Juventud y el Deporte de Quintana Roo, Municipio de Benito Juárez

Concepto	Cantidad
Albercas	1
Campos de beisbol	6
Campos y canchas de futbol	79
Canchas de basquetbol	129
Canchas de voleibol	13
Pistas de atletismo y trotapistas	1
Centros y unidades deportivas	70
Campos de Golf	2

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Anuario estadísticos y geográficos de Quintana Roo 2017, INEGI

Por su parte, la Secretaría de Turismo del Gobierno del Estado de Quintana Roo con base a información del INEGI reporto un total de 187 establecimientos de hospedaje para el municipio de Benito Juárez (Tabla 22).

Tabla 22. Establecimientos de hospedaje del Municipio de Benito Juárez

Concepto	Cantidad
Hoteles	187
Moteles	0
Cabañas, villas y similares	0
Campamentos y albergues recreativos	0
Pensiones y casas de huéspedes	0
Departamentos y casas amuebladas con servicio de hotelería	0
Total	187

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Anuario estadísticos y geográficos de Quintana Roo 2017, INEGI

El municipio de Benito Juárez cuenta con 79 unidades de comercio y 1 central de abasto, en lo que respecta a centros de acopio el municipio no cuenta con ninguno.

Tabla 23. Establecimientos al 31 de diciembre de 2016. Municipio de Benito Juárez

Concepto	Cantidad
Tiendas Diconsa	10
Tianguis a/	66
Mercados públicos	3
Centrales de abasto	1
Centro de acopio de granos y oleaginosas	0

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Anuario estadísticos y geográficos de Quintana Roo 2017, INEGI.

Las instituciones del sector público de salud del municipio de Benito Juárez reportaron un total de 40 unidades médicas en servicio de las instituciones del sector público de salud y nivel de operación según institución (Tabla 24).

Tabla 24. Unidades médicas de las instituciones del sector público de salud. Municipio de Benito Juárez

Concepto	Cantidad
IMSS	7
ISSSTE	1
SEDENA	1
SEMAR	0
IMSS-PROSPERA	0
SSA a/	28
DIF	3
TOTAL	**40**

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Anuario estadísticos y geográficos de Quintana Roo 2017, INEGI.

En su infraestructura el municipio de Benito Juárez tiene 83 estaciones de servicio de combustible (gasolineras).

Tabla 25. Unidades de gasolineras. Municipio de Benito Juárez

Concepto	Cantidad
Gasolineras	83

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Anuario estadísticos y geográficos de Quintana Roo 2017, INEGI

El municipio cuenta con 1795 establecimientos que prestan servicios relacionados con la actividad turística, los cuales se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 26. Establecimientos que prestan servicios relacionados con el turismo

Concepto	Cantidad
Agencias de viajes y servicios de reservaciones	244
Restaurantes	510
Cafeterías	145
Centros nocturnos	23
Bares	56
Alquiler de automóviles sin chofer	131
Centros de convenciones	25
Centros de enseñanza turística	9
Guías de turistas	223
Marinas turísticas	5
Administración de puertos y muelles	4
Módulos de auxilio turístico	8
Transporte turístico por tierra, agua y otro tipo	21
Tiendas de Artesanías	367
Otros servicios recreativos prestados por el sector privado	24

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Anuario estadísticos y geográficos de Quintana Roo 2017, INEGI

1.6 Caracterización de los elementos sociales, económicos y demográficos de la ciudad de Cancún, Quintana Roo por Distrito

El Plan Municipal de Desarrollo Urbano (PMDU) subdivide al Centro de Población de Cancún en 22 distritos, adicionalmente se incluyó un Distrito 23 para tomar en cuenta las localidades de La Chiapaneca y El Porvenir. Con lo cual se tiene información socioeconómica a nivel municipal del crecimiento urbano y de las variables socioeconómicas tales como la edad, el sexo y el lugar de residencia, así como características sociales como la ocupación, la situación familiar o los ingresos.

Este Atlas retoma la información para describir las condiciones sociales y poder estimar la vulnerabilidad social y física.

Cabe mencionar que algunos distritos no cuentan con información sociodemográfica, ya que se trata de zonas con equipamiento e infraestructura de la ciudad. (Mapa I.6.1, ver anexo).

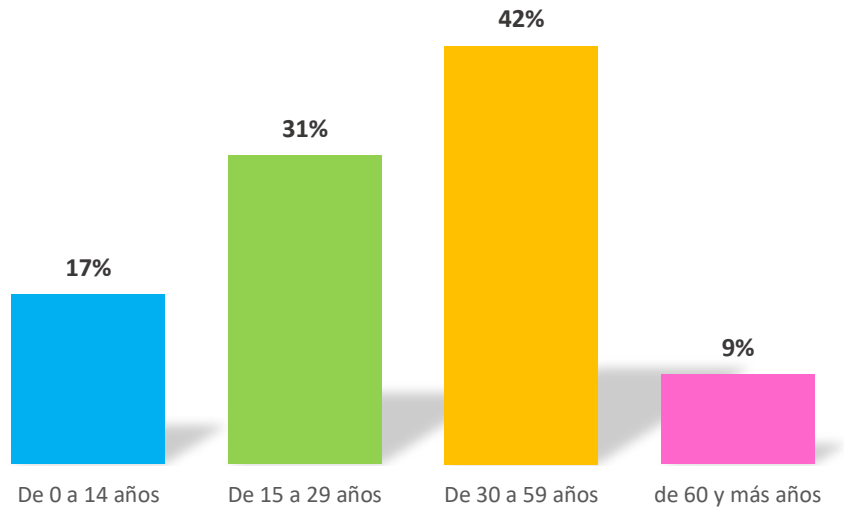


Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Programa de Desarrollo Urbano Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, IMPLAN.

Población

Población total	42,389 *Representa el 5.3% de la población*
Composición según sexo	*Hombres 50.1% y Mujeres 49.9%*

Gráfica 12. Composición de la población por edad, Distrito 1



Fuente: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, 2018.

Relación de dependencia	33 *Hay 33 personas dependientes por cada 100 personas productivas*
Índice de envejecimiento	50 *Existen 50 personas de 65 años y más por cada 100 menores de 15*

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Programa de Desarrollo Urbano Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, IMPLAN.

Densidad de población

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2010 y las proyecciones de CONAPO, se estima que para el 2018 la población que habita en el distrito 1 es de 42 mil 389 personas, lo que representa 5.3% del total de población de la ciudad de Cancún.

De igual forma, se estima que dicho distrito cuenta con 12 mil 845 viviendas particulares habitadas; con una superficie de 851.41 hectáreas el cual representa el 1.9% de la superficie total del Centro de Población de Cancún; y está compuesto por 43 supermanzanas, por lo que la densidad seria de:

Tabla 27. Densidad de población, Distrito 1

Distrito 1	
Densidad de población (hab/has):	**50**
Superficie (has)	**851.41**
Densidad de Vivienda	**15.1 Viv/ha**
Conformado por:	**43 Smz**

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Programa de Desarrollo Urbano Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, IMPLAN.

Estructura por edad

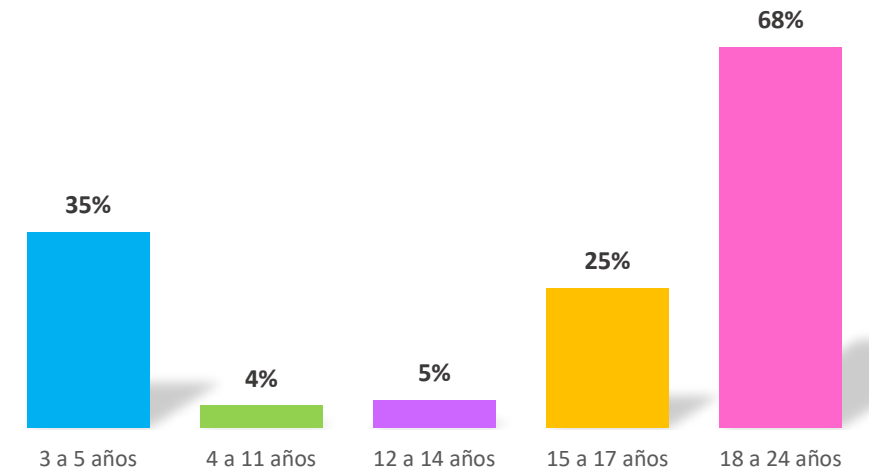
Características sociales

Educación

Tasa de alfabetismo 98.6%

Tasa de inasistencia escolar por grupo de edad

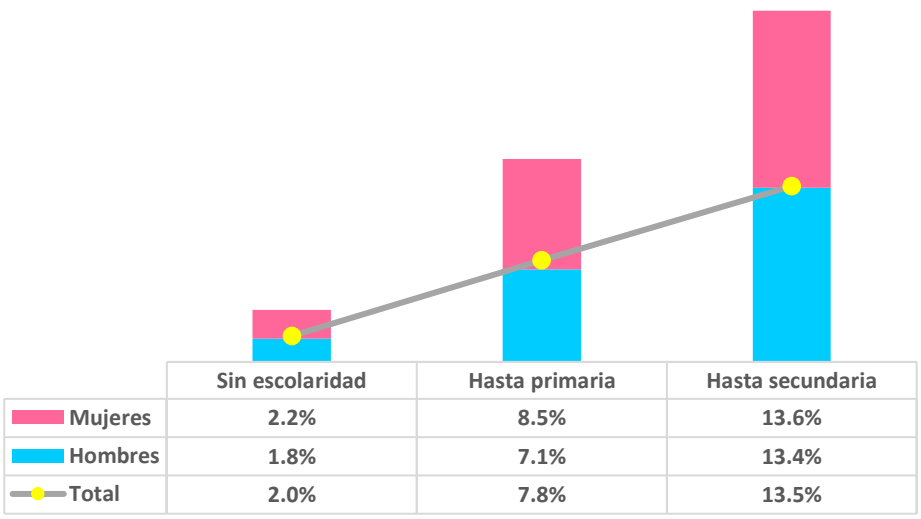
Gráfica 13. Tasa de inasistencia escolar por grupo de edad, Distrito 1



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Población de 15 años y más según escolaridad:

Gráfica 14. Población de 15 años y más según escolaridad, Distrito 1



	Sin escolaridad	Hasta primaria	Hasta secundaria
Mujeres	2.2%	8.5%	13.6%
Hombres	1.8%	7.1%	13.4%
Total	2.0%	7.8%	13.5%

Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

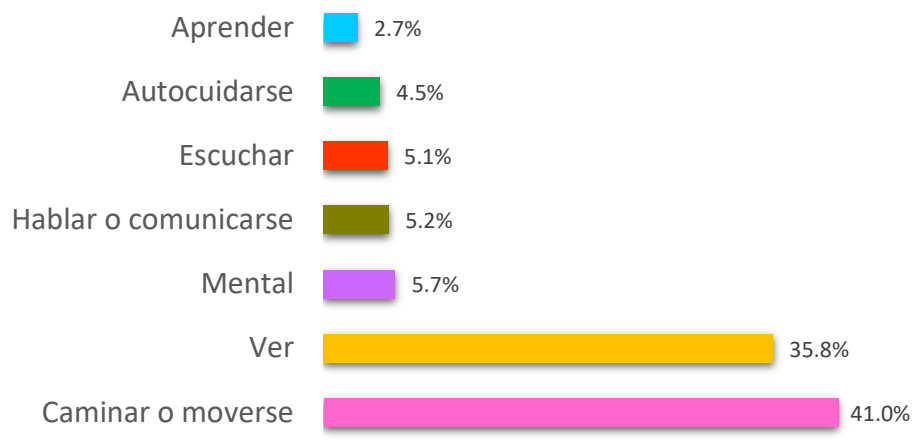
Grado promedio escolar 12

Equivale a la conclusión de la educación media superior

Discapacidad

En el distrito, el 3% de la población total presenta dificultad o limitación para realizar actividades en su vida cotidiana, tales como:

Gráfica 15. Distribución porcentual de la población con discapacidad por tipo de limitación, Distrito 1



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Etnicidad

Población en hogares indígenas 12%

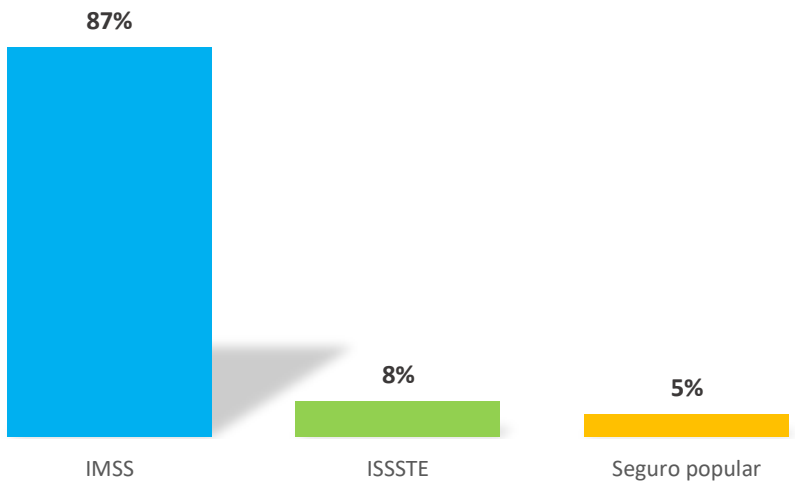
Población de 3 años y más que habla alguna lengua Indígena 7.2%

La proporción es mayor en los hombres con 8.2%, por 6.1% de las mujeres

Salud

Población afiliada 56.4%

Gráfica 16. Distribución porcentual según condición de afiliación a servicio de salud, Distrito 1



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Características de la vivienda

Viviendas particulares habitadas *(Estimadas)* 12,845

5.3 de las viviendas habitadas del municipio está en este distrito

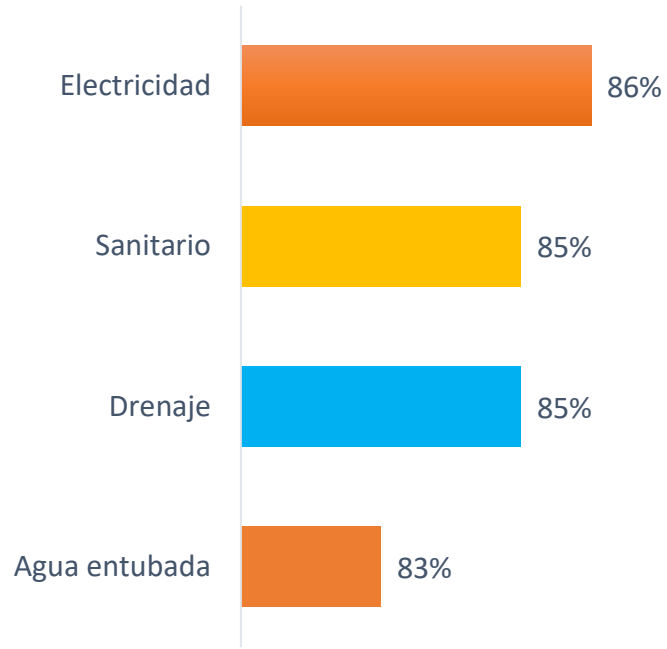
Promedio de ocupantes por vivienda 2.9

Promedio de ocupantes por cuarto 0.9

Proporción de viviendas con hacinamiento 8.5%

Disponibilidad de servicios en la vivienda

Gráfica 17. Disponibilidad de servicios en la vivienda, Distrito 1

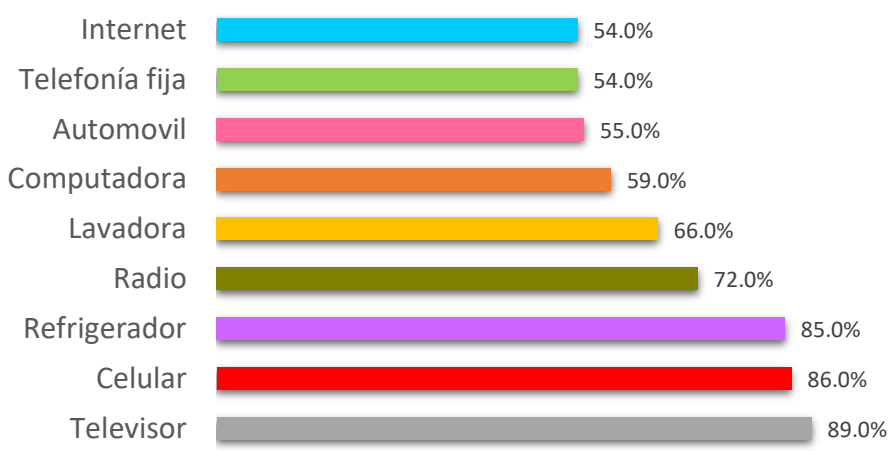


Fuente: Inventario Nacional de Vivienda 2016

Viviendas con recubrimiento en piso	56.4%

Viviendas con disponibilidad de bienes

Gráfica 18. Disponibilidad de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la vivienda, Distrito 1

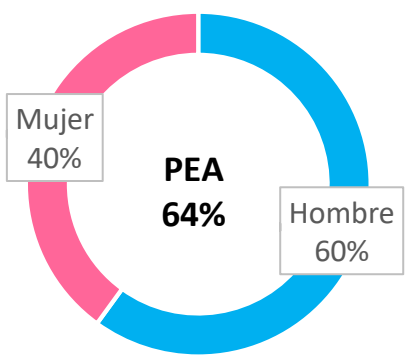


Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Condición económica

Población de 12 años y más, económicamente activa:

Gráfica 19. Población económicamente activa según sexo, Distrito 1



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Tasa de participación económica:

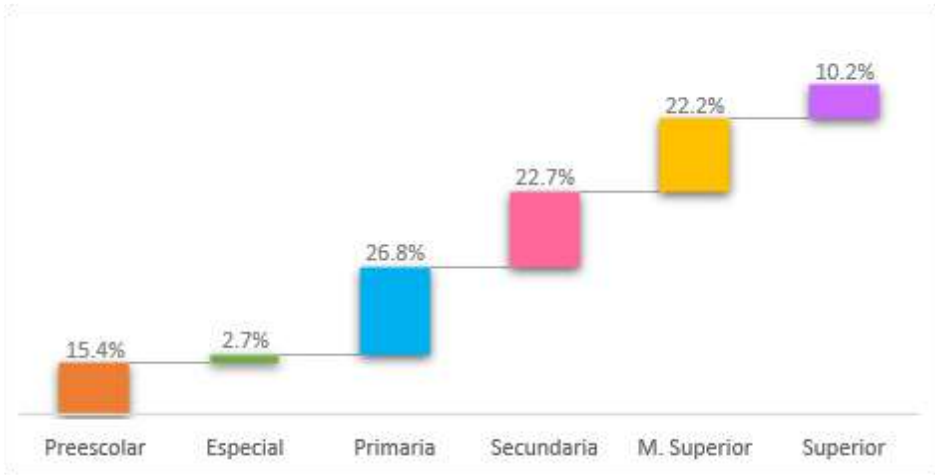
Hombres 76% y Mujeres 51%

Tasa de ocupación	97%

Infraestructura

Infraestructura educativa	827 aulas

Gráfica 20. Infraestructura educativa, Distrito 1



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Infraestructura de salud	323

Tabla 28. Infraestructura de salud, Distrito 1

Consultorios	No.	Consultorios	No.
Generales	45	Hospitales generales	4
Especialidad	84	Hospitales especialidad	6
Dentales	99	Laboratorios	25
Cuidado de la salud	47	Otros servicios	13

Fuente: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, 2018.

Infraestructura por establecimientos	5,966

Tabla 29. Categorías de los establecimientos, Distrito 1

%	Actividad	%	Actividad
31	Comercio al por menor	4	Comercio al por mayor
13	Servicios de alojamiento y alimentos	3	Servicios inmobiliarios
10	Servicios personales y de mantenimiento	3	Servicios educativos
8	Servicios profesionales y técnicos	2	Servicios legislativos y gubernamentales
6	Servicios de salud y asistencia social	1	Construcción
6	Servicio de apoyo a los negocios	1	Servicios de entretenimiento
6	Servicios financieros y de seguros	1	Transporte, correos y almacenamiento
4	Industrias manufactureras	1	Información en medios masivos

Fuente: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, 2018

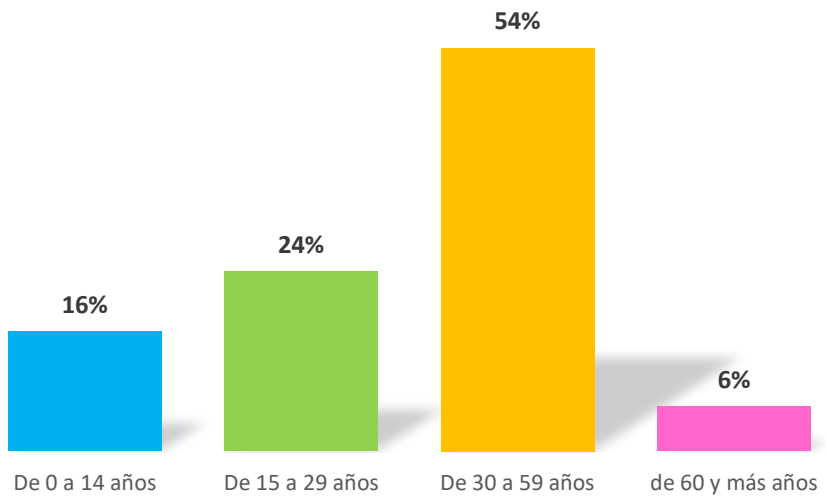


Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Programa de Desarrollo Urbano Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, IMPLAN.

Población

Población total	1,095
	Representa el 0.1% de la población
Composición según sexo	*Hombres 48% y Mujeres 52%*
Estructura por edad	

Gráfica 21. Composición de la población por edad, Distrito 2



Fuente: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, 2018.

Relación de dependencia	27
	Hay 27 personas dependientes por cada 100 personas productivas
Índice de envejecimiento	16
	Existen 16 personas de 65 años y más por cada 100 menores de 15

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Programa de Desarrollo Urbano Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, IMPLAN.

Densidad de población

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2010 y las proyecciones de CONAPO, se estima que para el 2018 la población que habita en el distrito 2 es de 1 mil 95 personas, lo que representa 0.1% del total de la población de la ciudad de Cancún.

De igual forma, se estima que dicho distrito cuenta con 332 viviendas particulares habitadas; con una superficie de 740.4 hectáreas el cual representa el 1.7% de la superficie total del Centro de Población de Cancún; y está compuesto por 3 supermanzanas, por lo que la densidad seria de:

Tabla 30. Densidad de población, Distrito 2

Distrito 2	
Densidad de población (hab/has):	**1.5**
Superficie (has)	**740.4**
Densidad de Vivienda	**0.4 Viv/ha**
Conformado por:	**3 Smz**

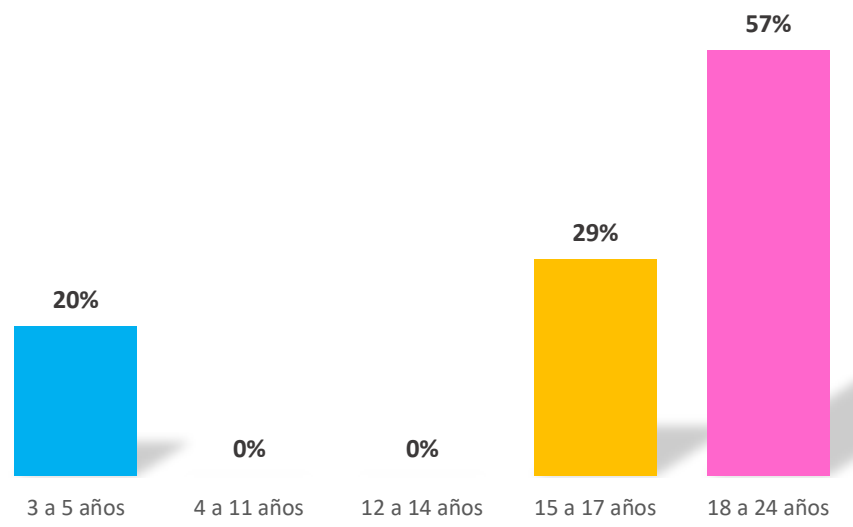
Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Programa de Desarrollo Urbano Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, IMPLAN.

Características sociales

Educación

Tasa de alfabetismo	99.3%
Tasa de inasistencia escolar por grupo de edad	

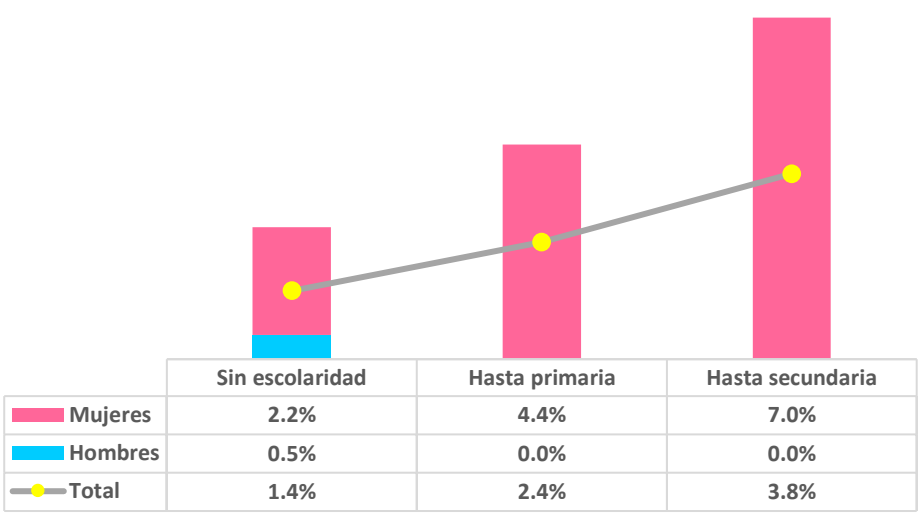
Gráfica 22. Tasa de inasistencia escolar por grupo de edad, Distrito 2



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Población de 15 años y más según escolaridad:

Gráfica 23. Población de 15 años y más según escolaridad, Distrito 2



	Sin escolaridad	Hasta primaria	Hasta secundaria
Mujeres	2.2%	4.4%	7.0%
Hombres	0.5%	0.0%	0.0%
Total	1.4%	2.4%	3.8%

Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

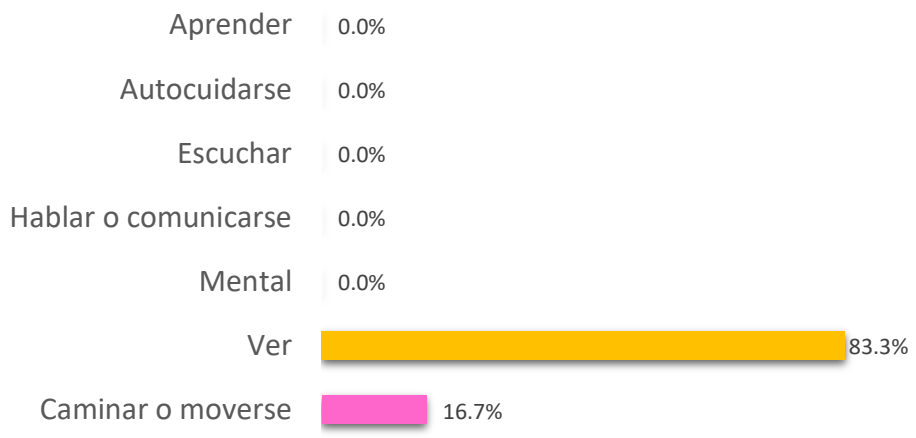
Grado promedio escolar 13

Equivale al primer año de la educación superior

Discapacidad

En el distrito, el 1% de la población total presenta dificultad o limitación para realizar actividades en su vida cotidiana, tales como:

Gráfica 24. Distribución porcentual de la población con discapacidad por tipo de limitación, Distrito 2



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Etnicidad

Población en hogares indígenas 1%

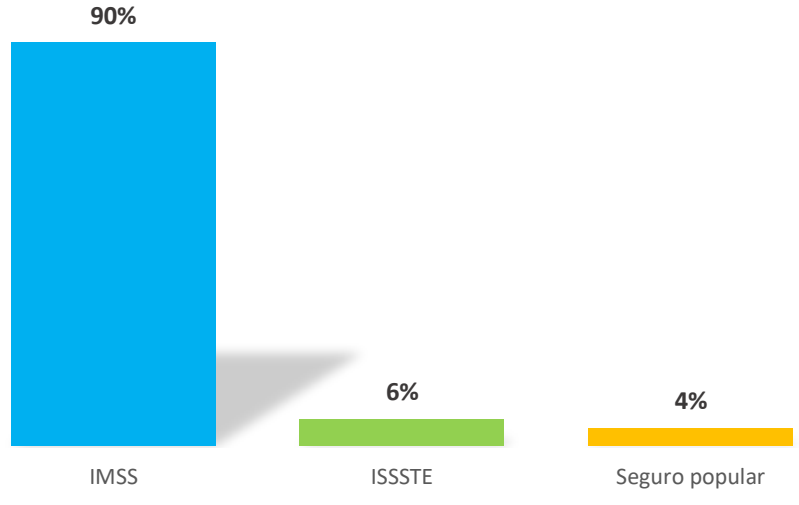
Población de 3 años y más que habla alguna lengua Indígena 2.7%

La proporción es mayor en las mujeres con 4.7%, por 0.4% de los Hombres.

Salud

Población afiliada 42.6%

Gráfica 25. Distribución porcentual según condición de afiliación a servicio de salud, Distrito 2



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Características de la vivienda

Viviendas particulares habitadas *(Estimadas)* 332

0.1% de las viviendas habitadas del municipio está en el distrito

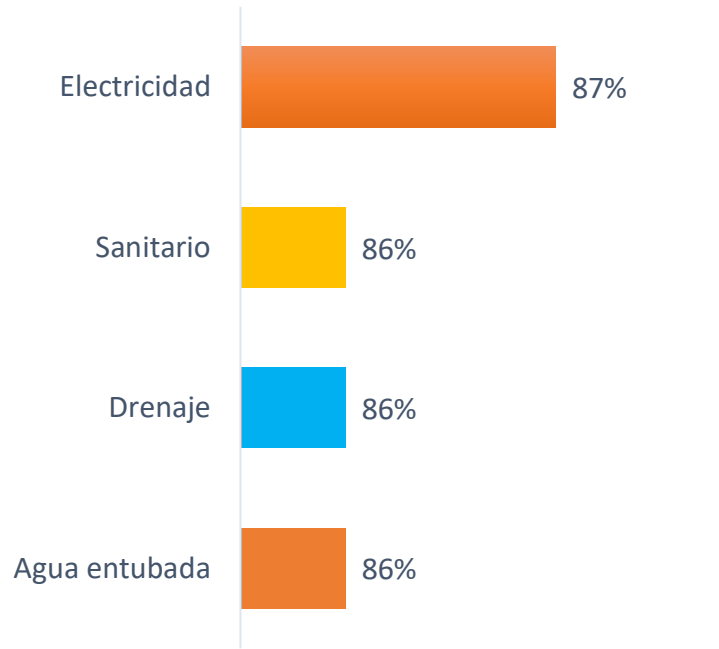
Promedio de ocupantes por vivienda 2.8

Promedio de ocupantes por cuarto 0.9

Proporción de viviendas con hacinamiento 5%

Disponibilidad de servicios en la vivienda

Gráfica 26. Disponibilidad de servicios en la vivienda, Distrito 2



Fuente: Inventario Nacional de Vivienda 2016

Viviendas con recubrimiento en piso 84.5%

Viviendas con disponibilidad de bienes

Gráfica 27. Disponibilidad de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la vivienda, Distrito 2

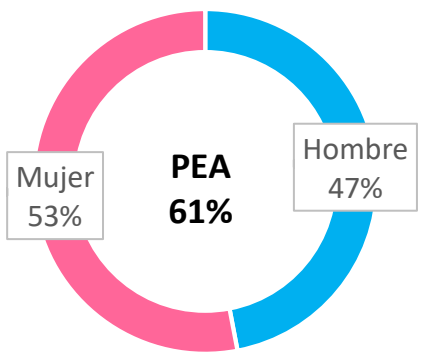


Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Condición económica

Población de 12 años y más, económicamente activa:

Gráfica 28. Población económicamente activa según sexo, Distrito 2



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Tasa de participación económica:

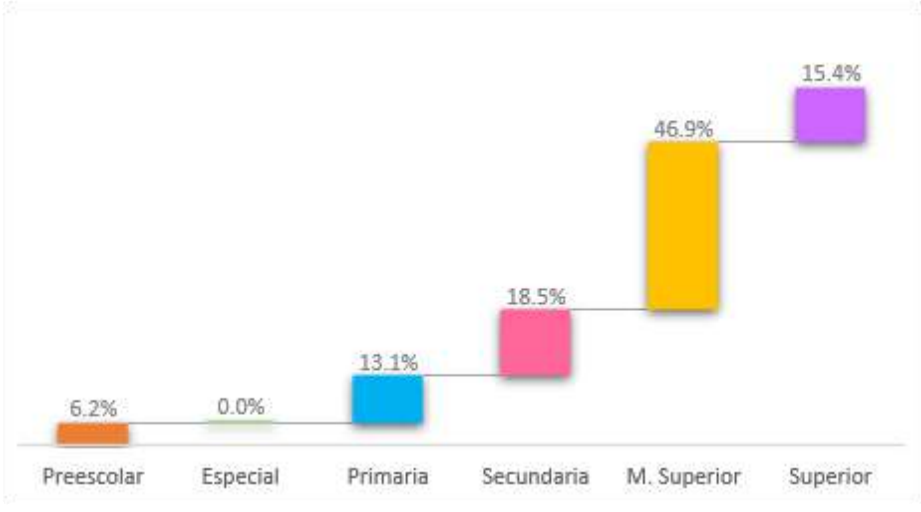
Hombres 67% y Mujeres 55%

Tasa de ocupación 99.6%

Infraestructura

Infraestructura educativa 130 aulas

Gráfica 29. Infraestructura educativa, Distrito 2



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Infraestructura de salud 7

Tabla 31. Infraestructura de salud, Distrito 2

Consultorios	No.	Consultorios	No.
Generales	1	Hospitales generales	0
Especialidad	1	Hospitales especialidad	0
Dentales	2	Laboratorios	0
Cuidado de la salud	1	Otros servicios	2

Fuente: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, 2018.

Infraestructura por establecimientos 226

Tabla 32. Categorías de los establecimientos, Distrito 2

%	Actividad	%	Actividad
20	Servicios profesionales y técnicos	3	Servicios educativos
16	Servicios de alojamiento y alimentos	3	Servicios de salud y asistencia social
14	Servicios inmobiliarios	3	Servicios de entretenimiento
12	Comercio al por menor	2	Industrias manufactureras
9	Servicio de apoyo a los negocios	1	Información en medios masivos
6	Servicios financieros y de seguros	1	Distribución de energía y agua
5	Servicios legislativos y gubernamentales	1	Comercio al por mayor
4	Construcción		

Fuente: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, 2018



Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Programa de Desarrollo Urbano Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, IMPLAN.

Densidad de población

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2010 y las proyecciones de CONAPO, se estima que para el 2018 la población que habita en el distrito 3 es de 11 mil 700 personas, lo que representa 1.5% del total de la población de la ciudad de Cancún.

De igual forma, se estima que dicho distrito cuenta con 3 mil 546 viviendas particulares habitadas; con una superficie de 628 hectáreas el cual representa el 1.4% de la superficie total del Centro de Población de Cancún; y está compuesto por 6 supermanzanas, por lo que la densidad seria de:

Tabla 33. Densidad de población, Distrito 3

Distrito 3	
Densidad de población (hab/has):	**18.6**
Superficie (has)	**628**
Densidad de Vivienda	**5.6 Viv/ha**
Conformado por:	**6 Smz**

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Programa de Desarrollo Urbano Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, IMPLAN.

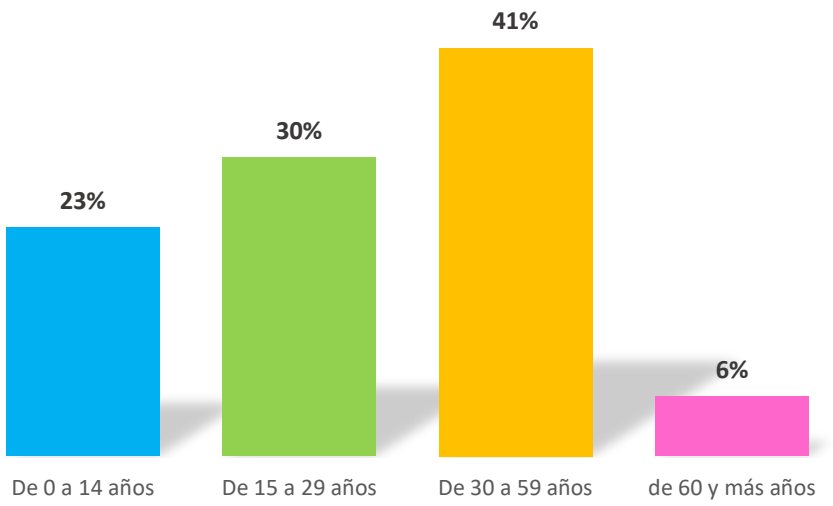
Población

Población total 11,700
Representa el 1.5% de la población

Composición según sexo *Hombres 49.6% y Mujeres 50.4%*

Estructura por edad

Gráfica 30. Composición de la población por edad, Distrito 3



Fuente: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, 2018.

Relación de dependencia 38
Hay 38 personas dependientes por cada 100 personas productivas

Índice de envejecimiento 27
Existen 27 personas de 65 años y más por cada 100 menores de 15

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Programa de Desarrollo Urbano Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, IMPLAN.

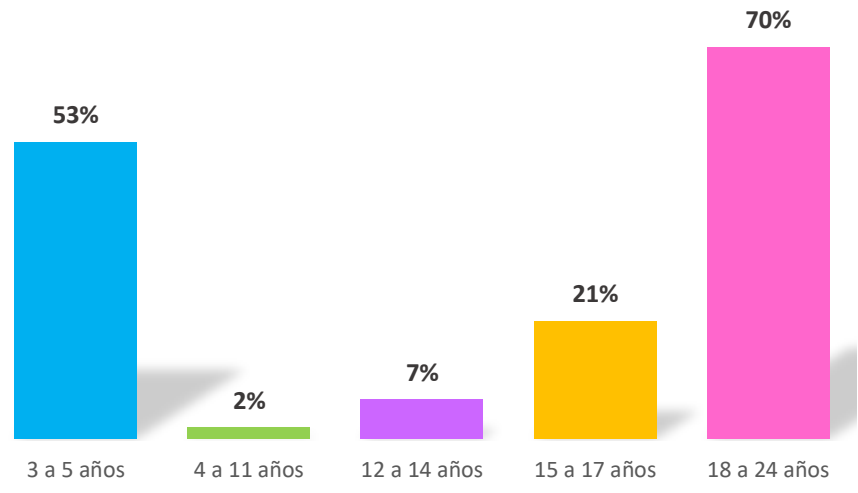
Características sociales

Educación

Tasa de alfabetismo 98%

Tasa de inasistencia escolar por grupo de edad

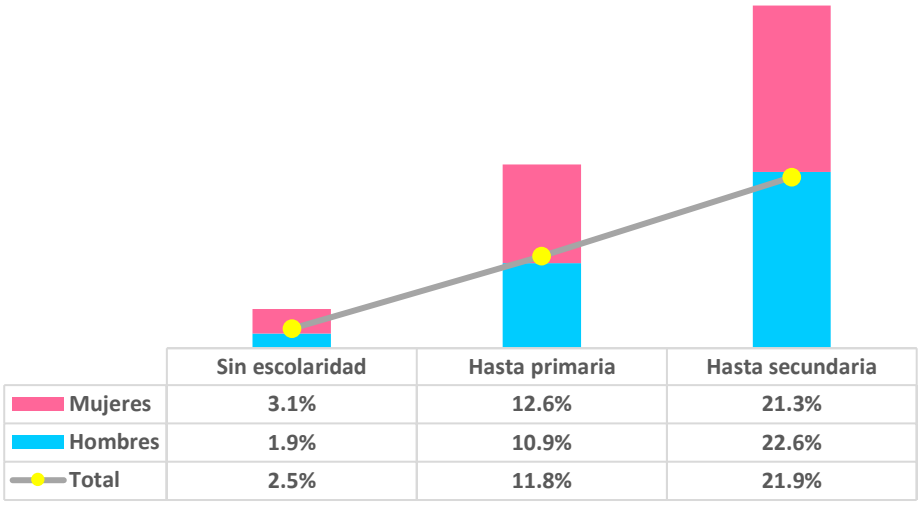
Gráfica 31. Tasa de inasistencia escolar por grupo de edad, Distrito 3



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Población de 15 años y más según escolaridad:

Gráfica 32. Población de 15 años y más según escolaridad, Distrito 3



	Sin escolaridad	Hasta primaria	Hasta secundaria
Mujeres	3.1%	12.6%	21.3%
Hombres	1.9%	10.9%	22.6%
Total	2.5%	11.8%	21.9%

Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

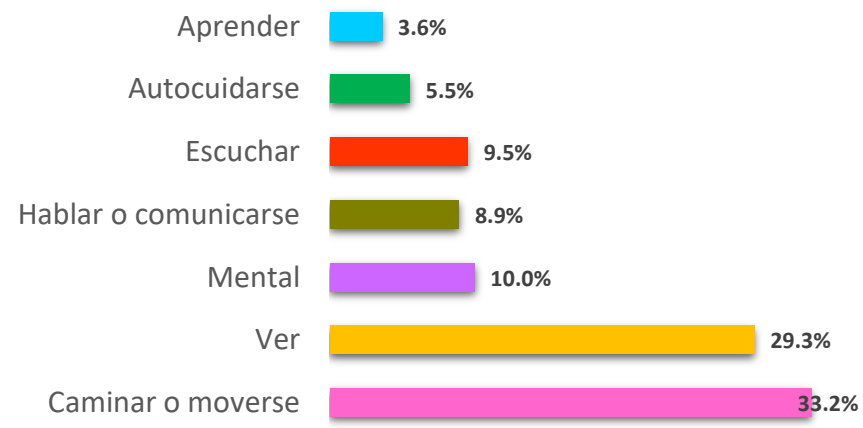
Grado promedio escolar 11

Equivale al segundo año de la educación media superior

Discapacidad

En el distrito, el 1% de la población total presenta dificultad o limitación para realizar actividades en su vida cotidiana, tales como:

Gráfica 33. Distribución porcentual de la población con discapacidad por tipo de limitación, Distrito 3



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Etnicidad

Población en hogares indígenas 14%

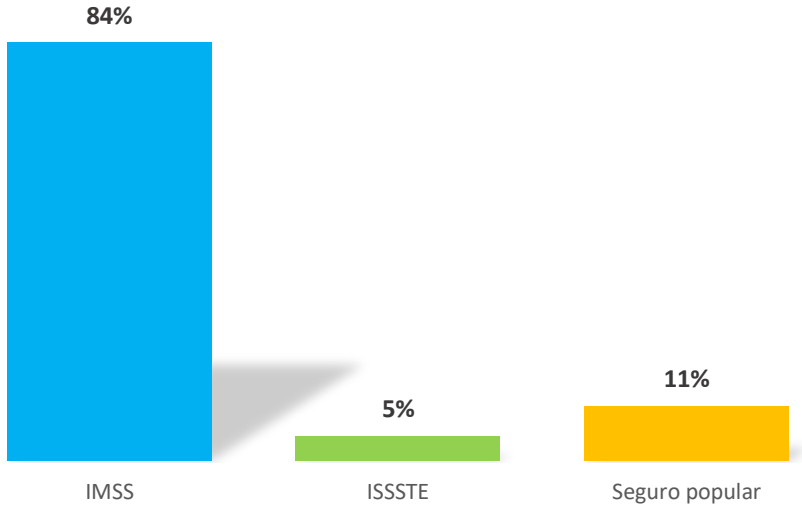
Población de 3 años y más que habla alguna lengua Indígena 6%

La proporción es menor en las mujeres con 5.7% por 6.4% de los hombres

Salud

Población afiliada 42.6%

Gráfica 34. Distribución porcentual según condición de afiliación a servicio de salud, Distrito 3



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Características de la vivienda

Viviendas particulares habitadas *(Estimadas)* 3,546

1.5% de las viviendas habitadas del municipio está en este distrito

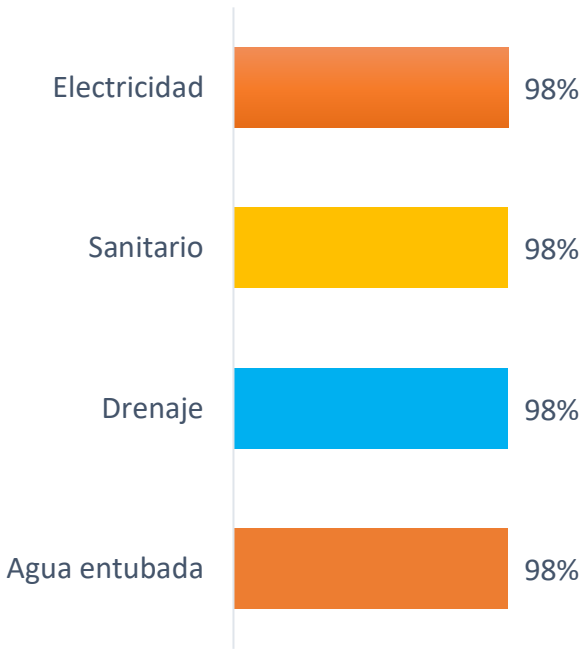
Promedio de ocupantes por vivienda 3.2

Promedio de ocupantes por cuarto 0.9

Proporción de viviendas con hacinamiento 5%

Disponibilidad de servicios en la vivienda

Gráfica 35. Disponibilidad de servicios en la vivienda, Distrito 3

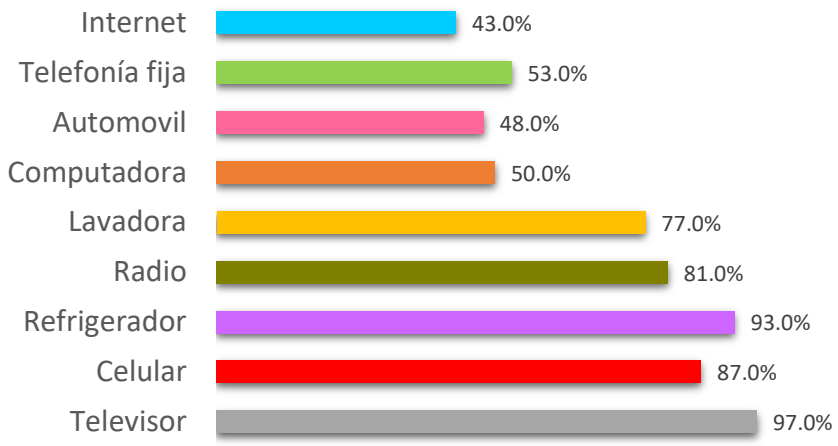


Fuente: Inventario Nacional de Vivienda 2016

Viviendas con recubrimiento en piso 96.4%

Viviendas con disponibilidad de bienes

Gráfica 36. Disponibilidad de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la vivienda, Distrito 3

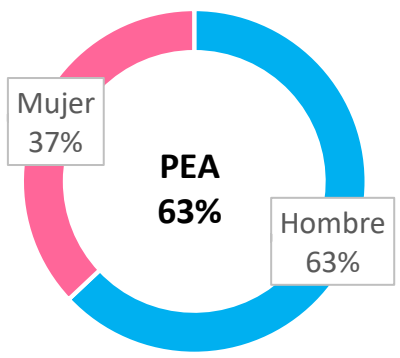


Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Condición económica

Población de 12 años y más, económicamente activa:

Gráfica 37. Población económicamente activa según sexo, Distrito 3



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Tasa de participación económica:

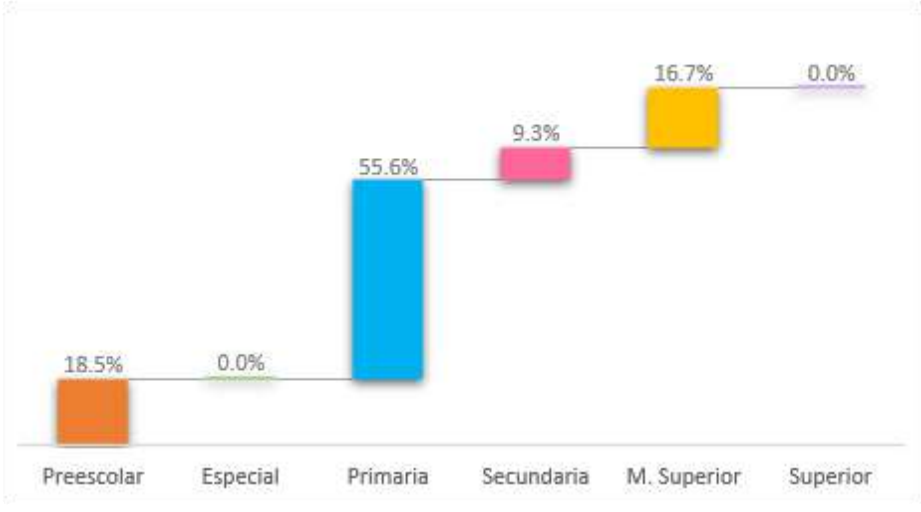
Hombres 80% y Mujeres 47%

Tasa de ocupación 95.7%

Infraestructura

Infraestructura educativa 54 aulas

Gráfica 38. Infraestructura educativa, Distrito 3



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Infraestructura de salud 5

Tabla 34. Infraestructura de salud, Distrito 3

Consultorios	No.	Consultorios	No.
Generales	3	Hospitales generales	0
Especialidad	0	Hospitales especialidad	0
Dentales	2	Laboratorios	0
Cuidado de la salud	0	Otros servicios	0

Fuente: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, 2018.

Infraestructura por establecimientos 303

Tabla 35. Categorías de los establecimientos, Distrito 3

%	Actividad	%	Actividad
33	Comercio al por menor	2	Servicios educativos
22	Servicios de alojamiento y alimentos	2	Servicios de salud y asistencia social
15	Servicios personales y de mantenimiento	2	Pesca
4	Industrias manufactureras	1	Transporte, correos y almacenamiento
4	Comercio al por mayor	1	Servicios inmobiliarios
4	Servicio de apoyo a los negocios	1	Servicios legislativos y gubernamentales
3	Servicios financieros y de seguros	1	Servicios profesionales y técnicos
3	Asociaciones y organizaciones	1	Servicios de entretenimiento

Fuente: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, 2018



Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Programa de Desarrollo Urbano Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, IMPLAN.

Densidad de población

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2010 y las proyecciones de CONAPO, se estima que para el 2018 la población que habita en el distrito 4 es de 326mil 214 personas, lo que representa el 41% del total de la población de la ciudad de Cancún.

De igual forma, se estima que dicho distrito cuenta con 98 mil 853 viviendas particulares habitadas; con una superficie de 2,433.3 hectáreas el cual representa el 5.6% de la superficie total del Centro de Población de Cancún; y está compuesto por 47 supermanzanas, por lo que la densidad seria de:

Tabla 36. Densidad de población, Distrito 4

Distrito 4	
Densidad de población (hab/has):	**134**
Superficie (has)	**2,433.3**
Densidad de Vivienda	**40.6 Viv/ha**
Conformado por:	**47 Smz**

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Programa de Desarrollo Urbano Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, IMPLAN.

Población

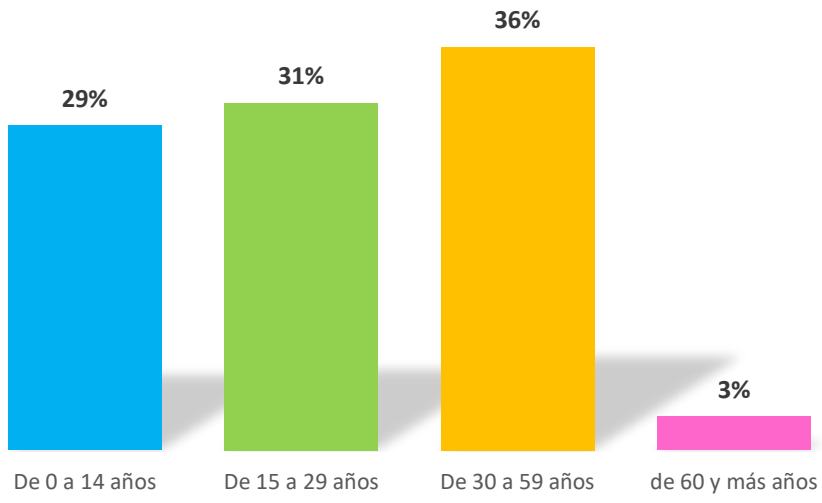
Población total 326,214

Representa el 40% de la población

Composición según sexo *Hombres 51% y Mujeres 49%*

Estructura por edad

Gráfica 39. Composición de la población por edad, Distrito 4



Fuente: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, 2018.

Relación de dependencia 45

Hay 45 personas dependientes por cada 100 personas productivas

Índice de envejecimiento 12

Existen 12 personas de 65 años y más por cada 100 menores de 15

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Programa de Desarrollo Urbano Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, IMPLAN.

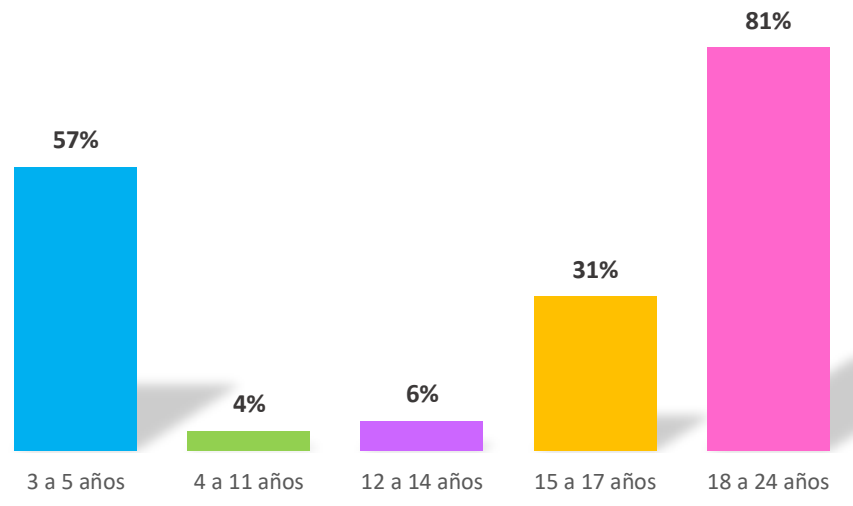
Características sociales

Educación

Tasa de alfabetismo 97%

Tasa de inasistencia escolar por grupo de edad

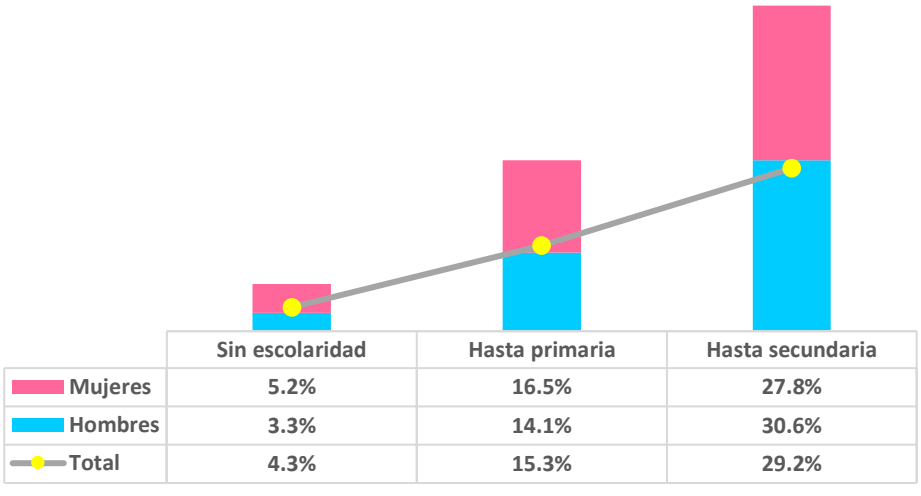
Gráfica 40. Tasa de inasistencia escolar por grupo de edad, Distrito 4



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Población de 15 años y más según escolaridad:

Gráfica 41. Población de 15 años y más según escolaridad, Distrito 4



	Sin escolaridad	Hasta primaria	Hasta secundaria
Mujeres	5.2%	16.5%	27.8%
Hombres	3.3%	14.1%	30.6%
Total	4.3%	15.3%	29.2%

Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

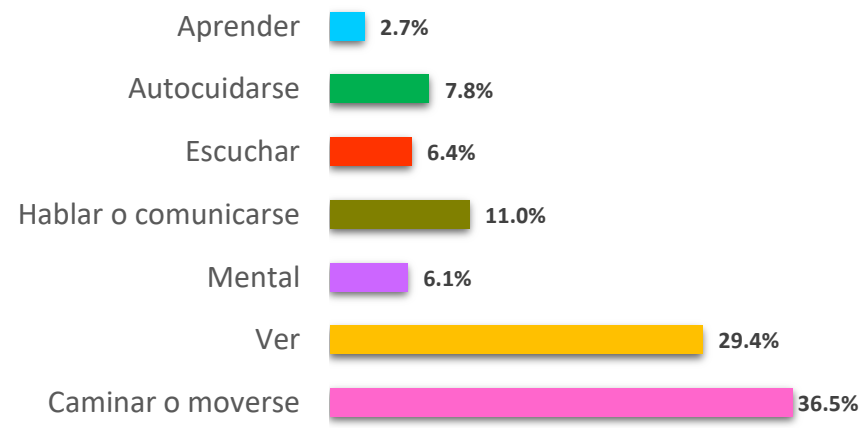
Grado promedio escolar 8.6

Equivale a poco más del segundo año de secundaria

Discapacidad

En el distrito, el 3% de la población total presenta dificultad o limitación para realizar actividades en su vida cotidiana, tales como:

Gráfica 42. Distribución porcentual de la población con discapacidad por tipo de limitación, Distrito 4



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Etnicidad

Población en hogares indígenas 28%

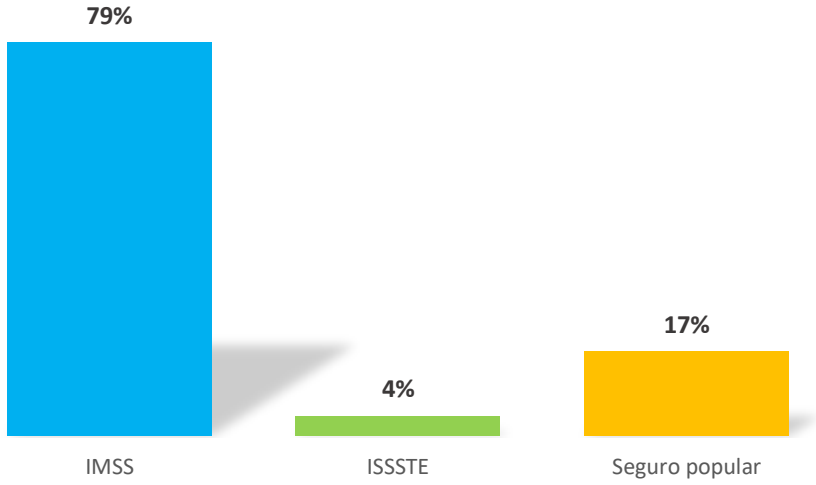
Población de 3 años y más que habla alguna lengua Indígena 12.6%

La proporción es menor en las mujeres con 11.7% por 13.6% de los hombres

Salud

Población afiliada 63%

Gráfica 43. Distribución porcentual según condición de afiliación a servicio de salud, Distrito 4



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Características de la vivienda

Viviendas particulares habitadas *(Estimadas)* 98,853

1.5% de las viviendas habitadas del municipio está en este distrito

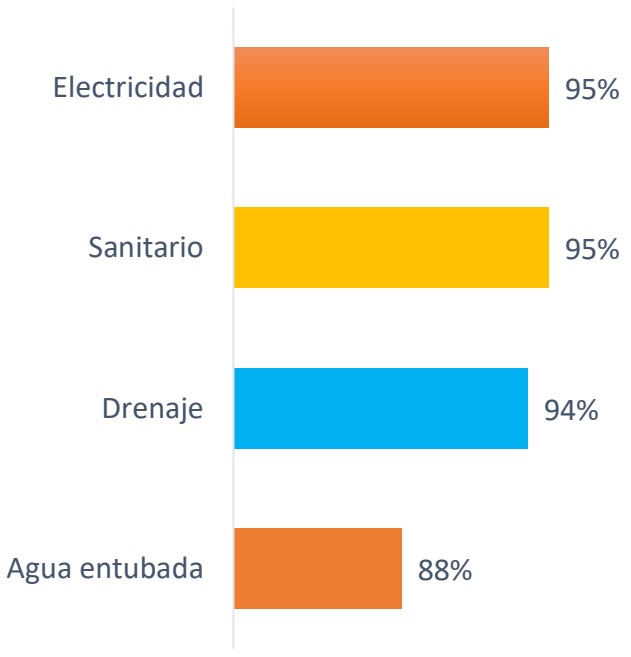
Promedio de ocupantes por vivienda 3.7

Promedio de ocupantes por cuarto 1.5

Proporción de viviendas con hacinamiento 15.5%

Disponibilidad de servicios en la vivienda

Gráfica 44. Disponibilidad de servicios en la vivienda, Distrito 4

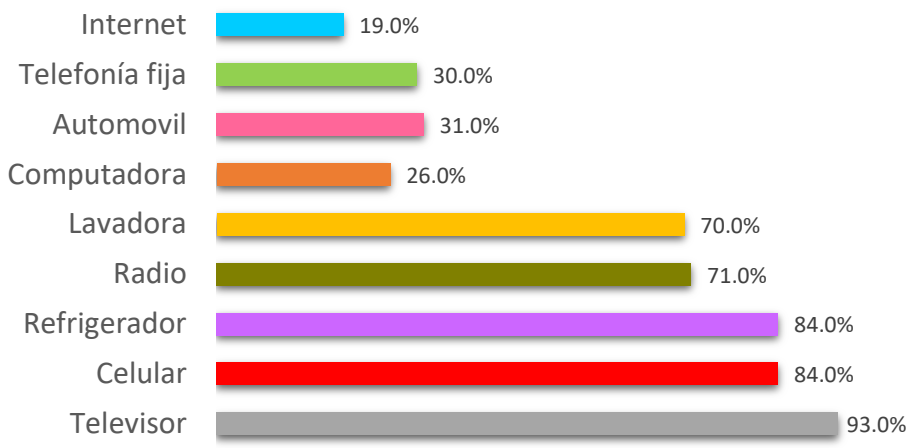


Fuente: Inventario Nacional de Vivienda 2016

Viviendas con recubrimiento en piso 93%

Viviendas con disponibilidad de bienes

Gráfica 45. Disponibilidad de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la vivienda, Distrito 4

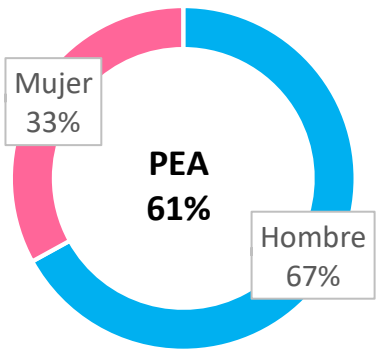


Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Condición económica

Población de 12 años y más, económicamente activa:

Gráfica 46. Población económicamente activa según sexo, Distrito 4



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Tasa de participación económica:

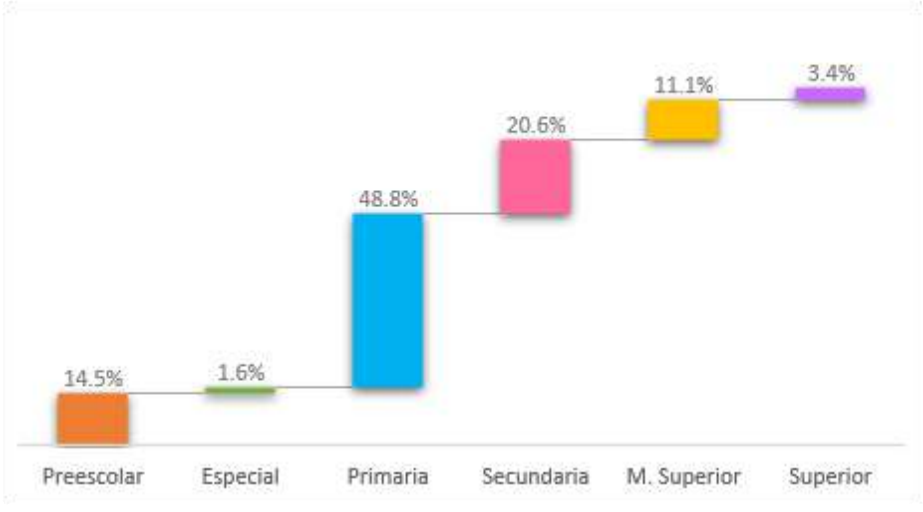
Hombres 80% y Mujeres 42%

Tasa de ocupación 96%

Infraestructura

Infraestructura educativa 54 aulas

Gráfica 47. Infraestructura educativa, Distrito 4



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Infraestructura de salud 5

Tabla 37. Infraestructura de salud, Distrito 4

Consultorios	No.	Consultorios	No.
Generales	56	Hospitales generales	8
Especialidad	5	Hospitales especialidad	5
Dentales	48	Laboratorios	32
Cuidado de la salud	20	Otros servicios	4

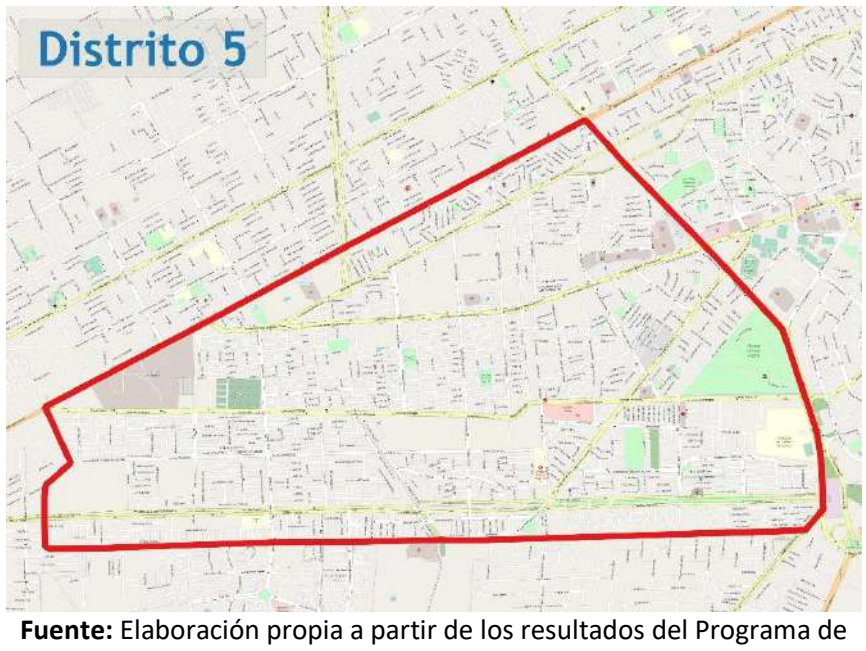
Fuente: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, 2018.

Infraestructura por establecimientos 9,287

Tabla 38. Categorías de los establecimientos, Distrito 4

%	Actividad	%	Actividad
38	Comercio al por menor	3	Servicios educativos
15	Servicios de alojamiento y alimentos	3	Comercio al por mayor
12	Servicios de reparación y de mantenimiento	2	Servicios inmobiliarios
8	Industrias manufactureras	1	Servicios financieros y de seguros
6	Servicios personales	1	Servicios de entretenimiento
4	Asociaciones y organizaciones	1	Servicios profesionales y técnicos
3	Servicios de salud y asistencia social	2	Otros
3	Servicio de apoyo a los negocios		

Fuente: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, 2018

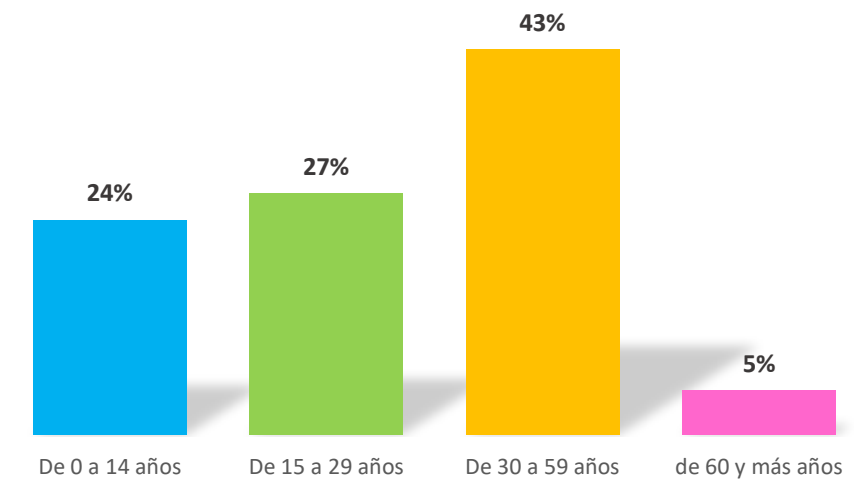


Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Programa de Desarrollo Urbano Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, IMPLAN.

Población

Población total	146,057
	Representa el 18% de la población
Composición según sexo	*Hombres 49.5% y Mujeres 50.5%*
Estructura por edad	

Gráfica 48. Composición de la población por edad, Distrito 5



Fuente: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, 2018.

Relación de dependencia	38
Hay 38 personas dependientes por cada 100 personas productivas	
Índice de envejecimiento	20
Existen 20 personas de 65 años y más por cada 100 menores de 15	

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Programa de Desarrollo Urbano Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, IMPLAN.

Densidad de población

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2010 y las proyecciones de CONAPO, se estima que para el 2018 la población que habita en el distrito 5 es de 146 mil 57 personas, lo que representa el 18% del total de la población de la ciudad de Cancún.

De igual forma, se estima que dicho distrito cuenta con 44 mil 260 viviendas particulares habitadas; con una superficie de 1,476.7 hectáreas el cual representa el 3.4% de la superficie total del Centro de Población de Cancún; y está compuesto por 55 supermanzanas, por lo que la densidad seria de:

Tabla 39. Densidad de población, Distrito 5

Distrito 5	
Densidad de población (hab/has):	**99**
Superficie (has)	**1,476.7**
Densidad de Vivienda	**30 Viv/ha**
Conformado por:	**55 Smz**

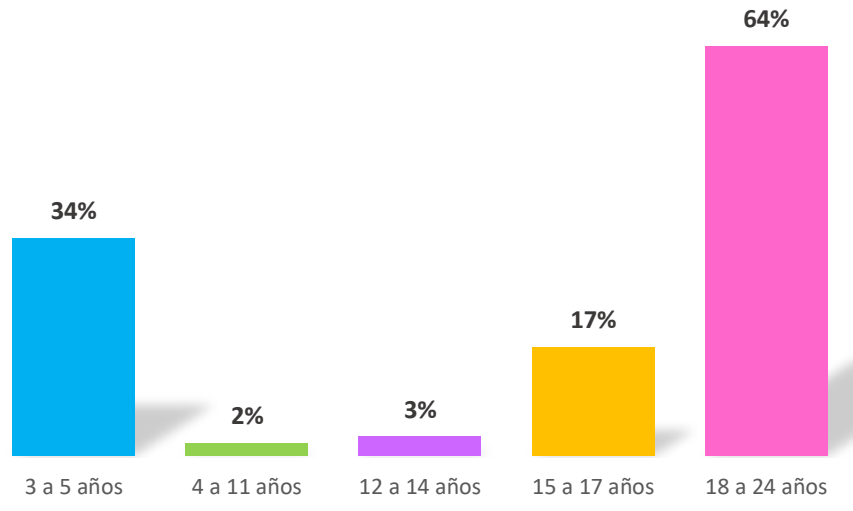
Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Programa de Desarrollo Urbano Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, IMPLAN.

Características sociales

Educación

Tasa de alfabetismo	99%
Tasa de inasistencia escolar por grupo de edad	

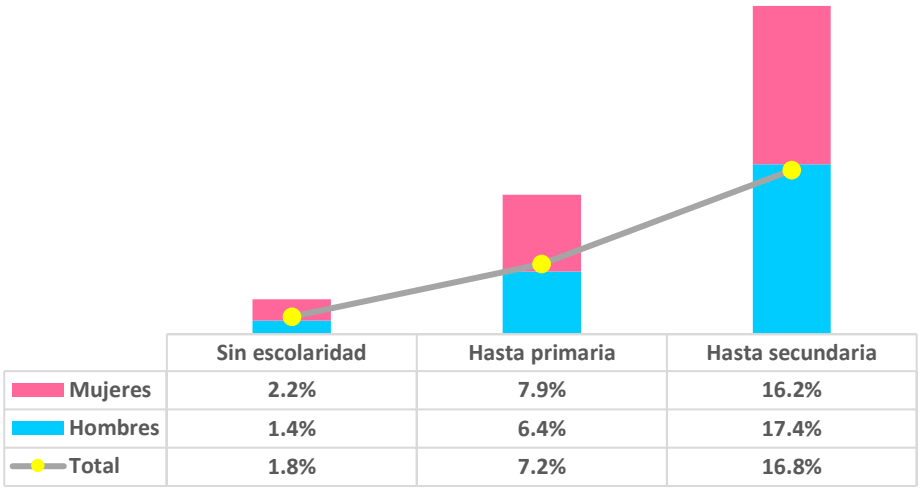
Gráfica 49. Tasa de inasistencia escolar por grupo de edad, Distrito 5



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Población de 15 años y más según escolaridad:

Gráfica 50. Población de 15 años y más según escolaridad, Distrito 5



	Sin escolaridad	Hasta primaria	Hasta secundaria
Mujeres	2.2%	7.9%	16.2%
Hombres	1.4%	6.4%	17.4%
Total	1.8%	7.2%	16.8%

Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

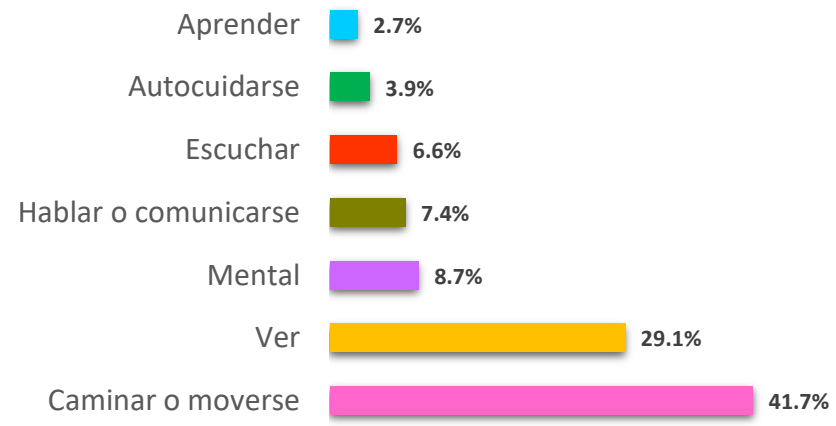
Grado promedio escolar 11.5

Equivale a poco más del segundo año de nivel media superior

Discapacidad

En el distrito, el 2% de la población total presenta dificultad o limitación para realizar actividades en su vida cotidiana, tales como:

Gráfica 51. Distribución porcentual de la población con discapacidad por tipo de limitación, Distrito 5



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Etnicidad

Población en hogares indígenas 14%

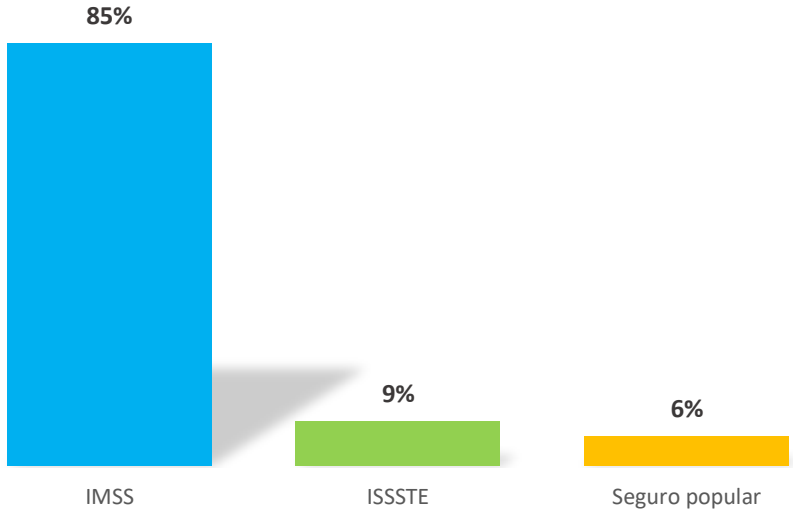
Población de 3 años y más que habla alguna lengua Indígena 6%

La proporción es mayor en el caso de los hombres con 6.4% por 5.6% de las mujeres.

Salud

Población afiliada 67.4%

Gráfica 52. Distribución porcentual según condición de afiliación a servicio de salud, Distrito 5



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Características de la vivienda

Viviendas particulares habitadas *(Estimadas)* 44,260

18% de las viviendas habitadas del municipio está en el distrito

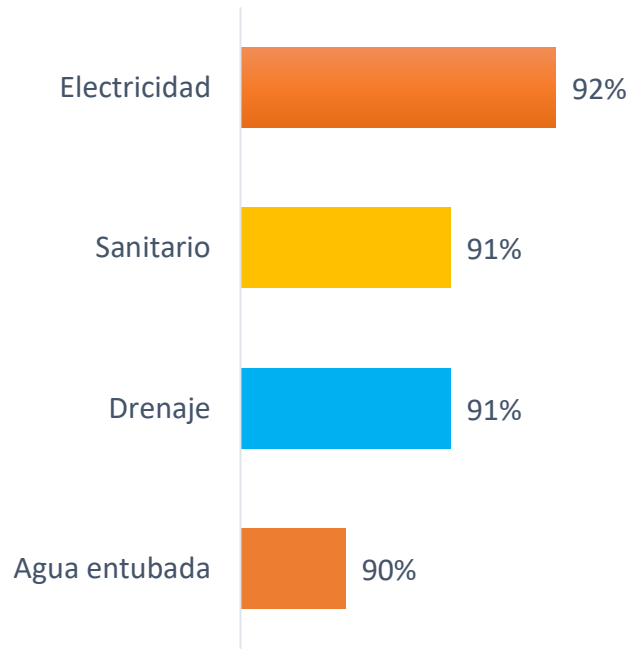
Promedio de ocupantes por vivienda 3.4

Promedio de ocupantes por cuarto 0.9

Proporción de viviendas con hacinamiento 5.5%

Disponibilidad de servicios en la vivienda

Gráfica 53. Disponibilidad de servicios en la vivienda, Distrito 5

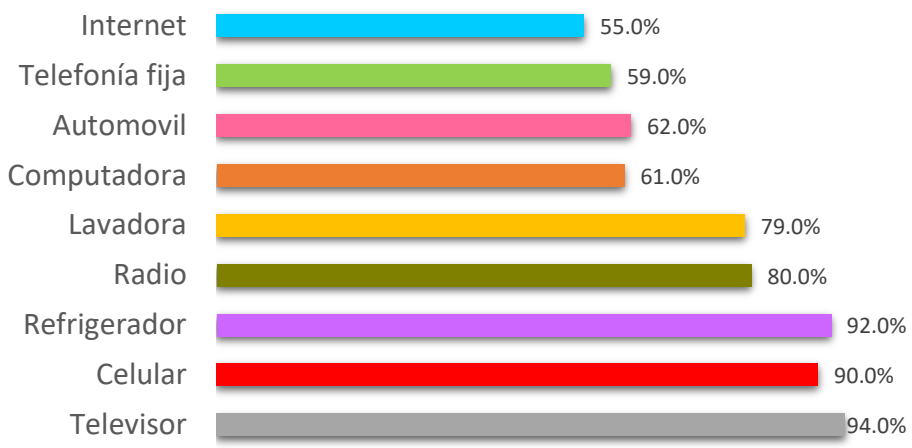


Fuente: Inventario Nacional de Vivienda 2016

Viviendas con recubrimiento en piso 90%

Viviendas con disponibilidad de bienes

Gráfica 54. Disponibilidad de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la vivienda, Distrito 5

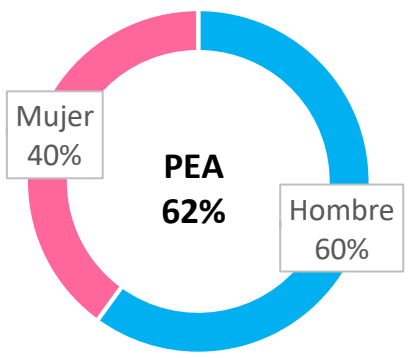


Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Condición económica

Población de 12 años y más, económicamente activa:

Gráfica 55. Población económicamente activa según sexo, Distrito 5



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Tasa de participación económica:

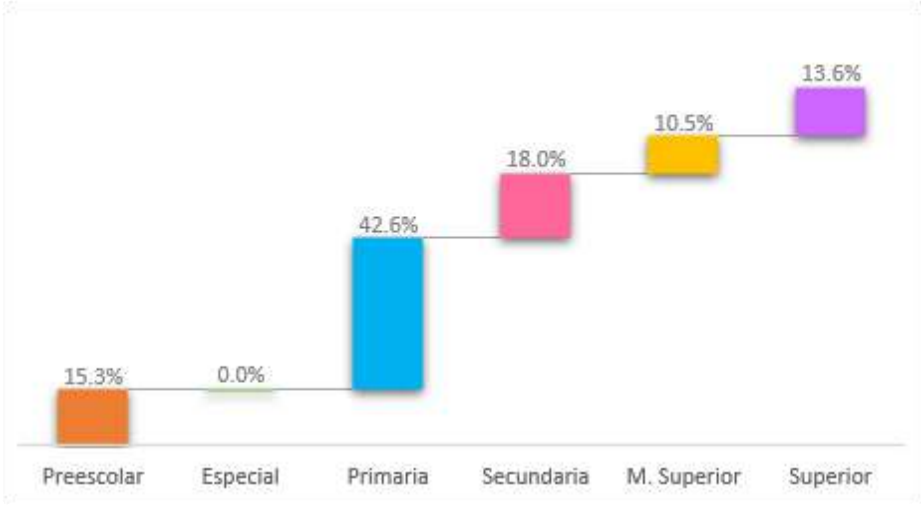
Hombres 74% y Mujeres 49%

Tasa de ocupación 97%

Infraestructura

Infraestructura educativa 1,021 aulas

Gráfica 56. Infraestructura educativa, Distrito 5



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Infraestructura de salud 150

Tabla 40. Infraestructura de salud, Distrito 5

Consultorios	No.	Consultorios	No.
Generales	24	Hospitales generales	3
Especialidad	33	Hospitales especialidad	1
Dentales	43	Laboratorios	13
Cuidado de la salud	28	Otros servicios	5

Fuente: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, 2018.

Infraestructura por establecimientos 3,984

Tabla 41. Categorías de los establecimientos, Distrito 5

%	Actividad	%	Actividad
30	Comercio al por menor	3	Servicios profesionales y técnicos
17	Servicios de alojamiento y alimentos	3	Comercio al por mayor
9	Servicios de reparación y de mantenimiento	2	Servicios financieros y de seguros
9	Servicios personales	2	Servicios inmobiliarios
6	Industrias manufactureras	2	Servicios de entretenimiento
5	Servicios de salud y asistencia social	2	Asociaciones y organizaciones
4	Servicio de apoyo a los negocios	1	Transporte, correos y almacenamiento
3	Servicios educativos	2	Otros

Fuente: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, 2018



Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Programa de Desarrollo Urbano Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, IMPLAN.

Densidad de población

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2010 y las proyecciones de CONAPO, se estima que para el 2018 la población que habita en el distrito 6 es de 9 mil personas, lo que representa el 1% del total de la población de la ciudad de Cancún.

De igual forma, se estima que dicho distrito cuenta con 2 mil 727 viviendas particulares habitadas; con una superficie de 962 hectáreas el cual representa el 2.2% de la superficie total del Centro de Población de Cancún; y está compuesto por 7 supermanzanas, por lo que la densidad seria de:

Tabla 42. Densidad de población, Distrito 6

Distrito 6	
Densidad de población (hab/has):	**9.4**
Superficie (has)	**962**
Densidad de Vivienda	**3 Viv/ha**
Conformado por:	**7 Smz**

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Programa de Desarrollo Urbano Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, IMPLAN.

Población

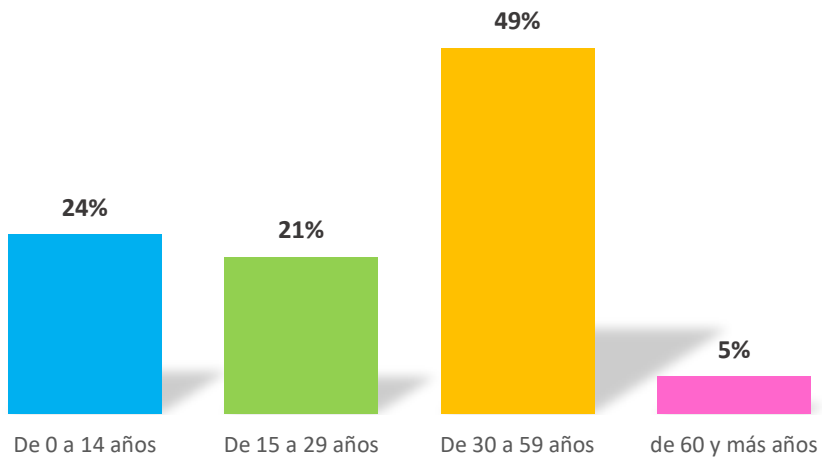
Población total *9,001*

Representa el 1% de la población

Composición según sexo *Hombres 47.6% y Mujeres 52.4%*

Estructura por edad

Gráfica 57. Composición de la población por edad, Distrito 6



Fuente: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, 2018.

Relación de dependencia *40*

Hay 40 personas dependientes por cada 100 personas productivas

Índice de envejecimiento *21*

Existen 21 personas de 65 años y más por cada 100 menores de 15

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Programa de Desarrollo Urbano Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, IMPLAN.

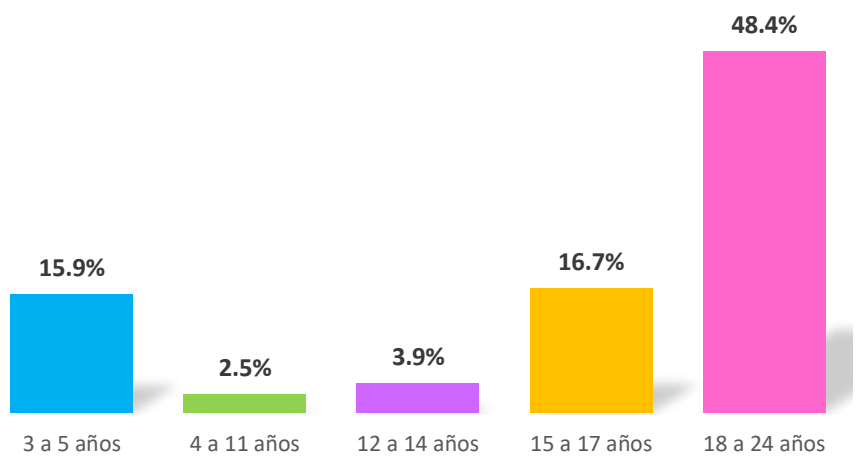
Características sociales

Educación

Tasa de alfabetismo *99.6%*

Tasa de inasistencia escolar por grupo de edad

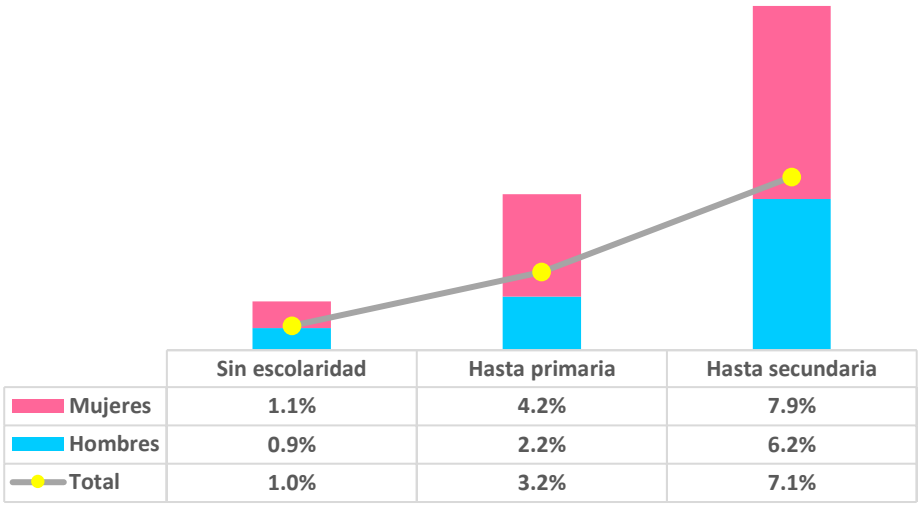
Gráfica 58. Tasa de inasistencia escolar por grupo de edad, Distrito 6



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Población de 15 años y más según escolaridad:

Gráfica 59. Población de 15 años y más según escolaridad, Distrito 6



	Sin escolaridad	Hasta primaria	Hasta secundaria
Mujeres	1.1%	4.2%	7.9%
Hombres	0.9%	2.2%	6.2%
Total	1.0%	3.2%	7.1%

Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

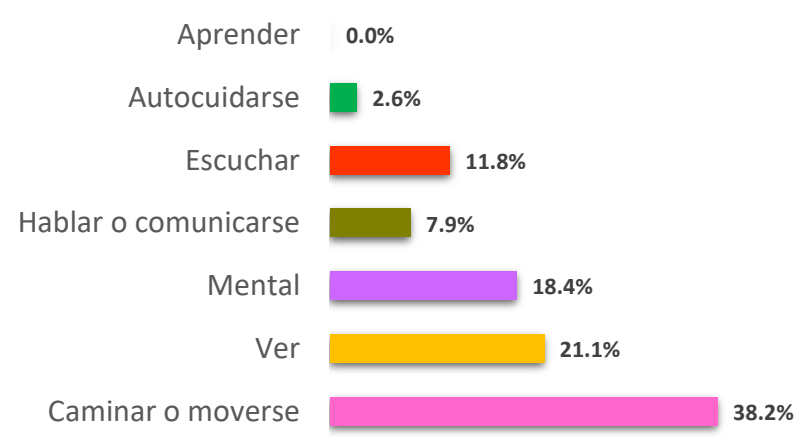
Grado promedio escolar *12.4*

Equivale a poco más de la educación media superior concluida

Discapacidad

En el distrito, el 1% de la población total presenta dificultad o limitación para realizar actividades en su vida cotidiana, tales como:

Gráfica 60. Distribución porcentual de la población con discapacidad por tipo de limitación, Distrito 6



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Etnicidad

Población en hogares indígenas *2%*

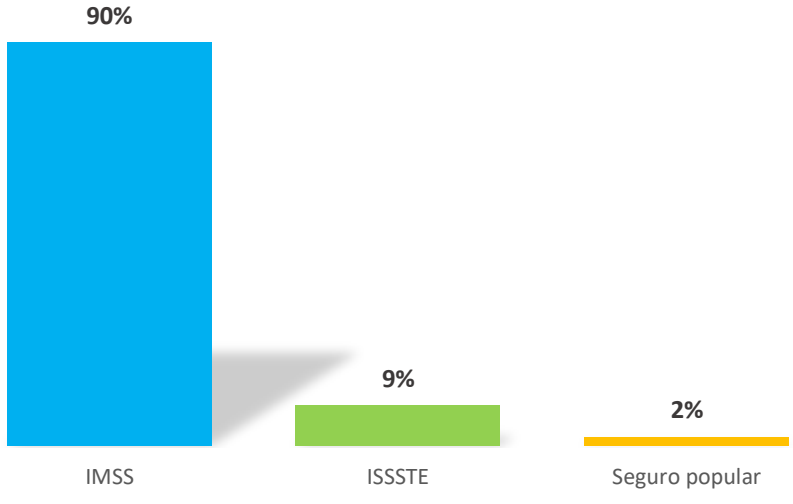
Población de 3 años y más que habla alguna lengua Indígena *1.7%*

La proporción es mayor en el caso de los hombres con 2% por 1.5% de las mujeres.

Salud

Población afiliada *67.4%*

Gráfica 61. Distribución porcentual según condición de afiliación a servicio de salud, Distrito 6



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Características de la vivienda

Viviendas particulares habitadas (Estimadas) *2,727*

2.2% de las viviendas habitadas del municipio está en el distrito

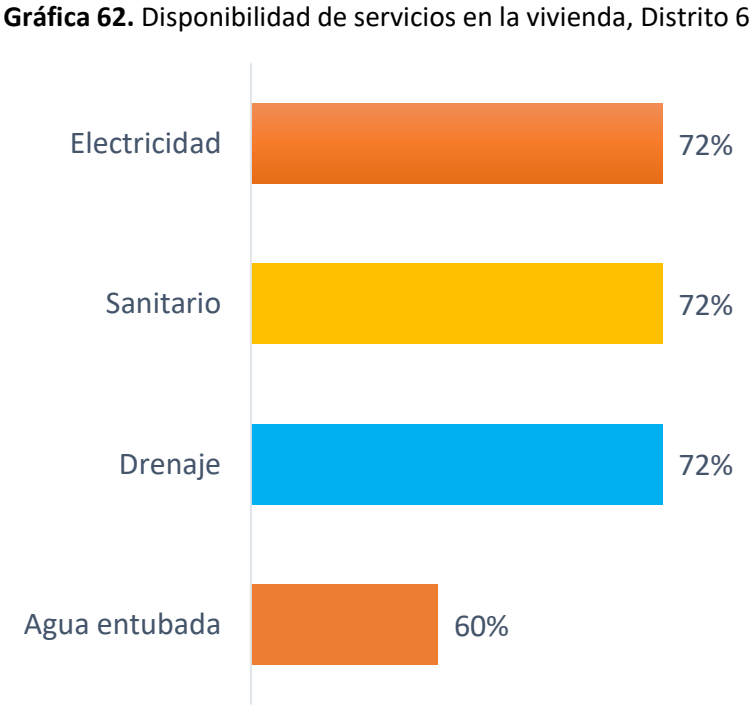
Promedio de ocupantes por vivienda *3.6*

Promedio de ocupantes por cuarto *0.7*

Proporción de viviendas con hacinamiento *5%*

Disponibilidad de servicios en la vivienda

Gráfica 62. Disponibilidad de servicios en la vivienda, Distrito 6

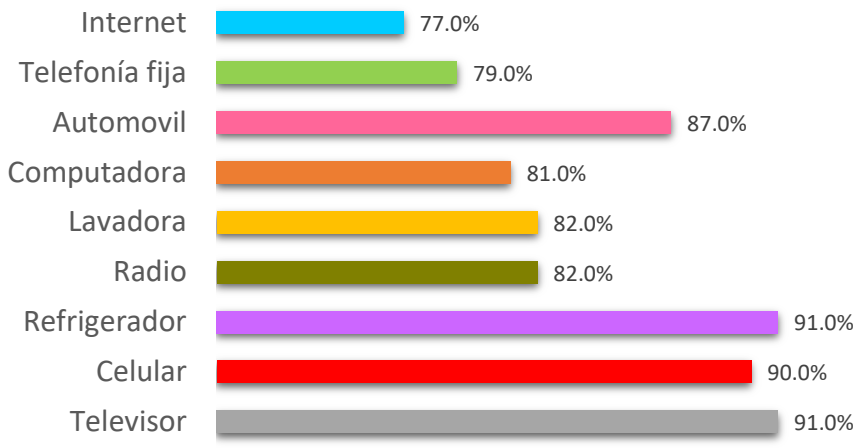


Fuente: Inventario Nacional de Vivienda 2016

Viviendas con recubrimiento en piso *72%*

Viviendas con disponibilidad de bienes

Gráfica 63. Disponibilidad de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la vivienda, Distrito 6

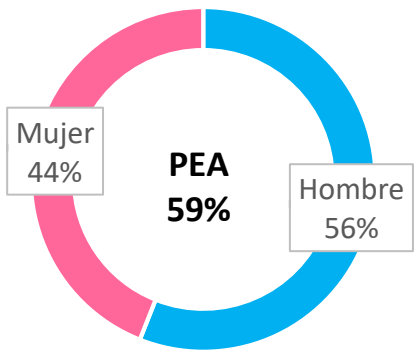


Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Condición económica

Población de 12 años y más, económicamente activa:

Gráfica 64. Población económicamente activa según sexo, Distrito 6



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Tasa de participación económica:

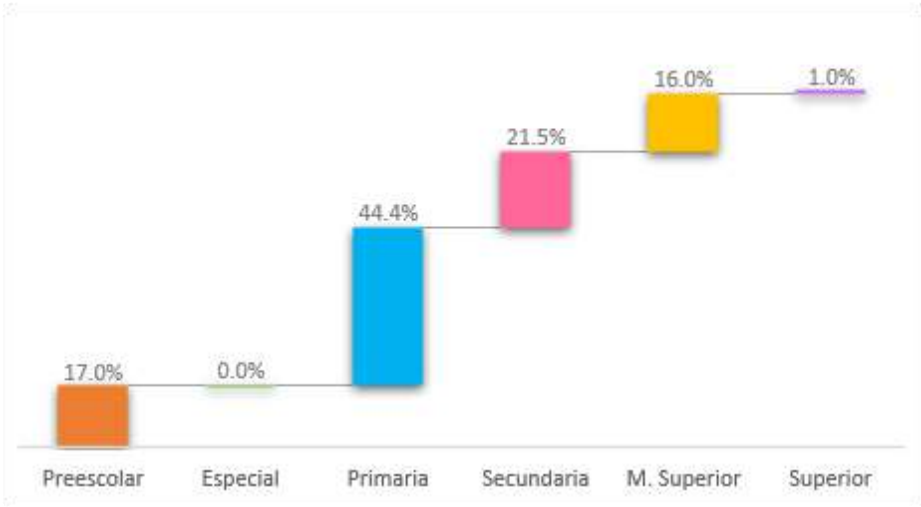
Hombres 71% y Mujeres 49%

Tasa de ocupación *98%*

Infraestructura

Infraestructura educativa *223 aulas*

Gráfica 65. Infraestructura educativa, Distrito 6



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Infraestructura de salud *4*

Tabla 43. Infraestructura de salud, Distrito 6

Consultorios	No.	Consultorios	No.
Generales	0	Hospitales generales	0
Especialidad	1	Hospitales especialidad	1
Dentales	1	Laboratorios	1
Cuidado de la salud	0	Otros servicios	0

Fuente: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, 2018.

Infraestructura por establecimientos *272*

Tabla 44. Categorías de los establecimientos, Distrito 6

%	Actividad	%	Actividad
28	Comercio al por menor	4	Servicios de reparación y de mantenimiento
11	Servicios inmobiliarios	4	Asociaciones y organizaciones
8	Servicios educativos	3	Transporte, correos y almacenamiento
7	Servicios de alojamiento y alimentos	3	Servicios de entretenimiento
6	Servicios profesionales y técnicos	3	Industrias manufactureras
6	Servicios personales	2	Construcción
5	Comercio al por mayor	2	Servicios financieros y de seguros
4	Servicio de apoyo a los negocios	3	Otros

Fuente: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, 2018



Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Programa de Desarrollo Urbano Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, IMPLAN.

Densidad de población

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2010 y las proyecciones de CONAPO, se estima que para el 2018 la población que habita en el distrito 7 es de 155 personas.

De igual forma, se estima que dicho distrito cuenta con 47 viviendas particulares habitadas; con una superficie de 731 hectáreas el cual representa el 1.7% de la superficie total del Centro de Población de Cancún; y está compuesto por 4 supermanzanas, por lo que la densidad seria de:

Tabla 45. Densidad de población, Distrito 7

Distrito 7	
Densidad de población (hab/has):	**0.2**
Superficie (has)	**731.2**
Densidad de Vivienda	**0.1 Viv/ha**
Conformado por:	**4 Smz**

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Programa de Desarrollo Urbano Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, IMPLAN.

Población

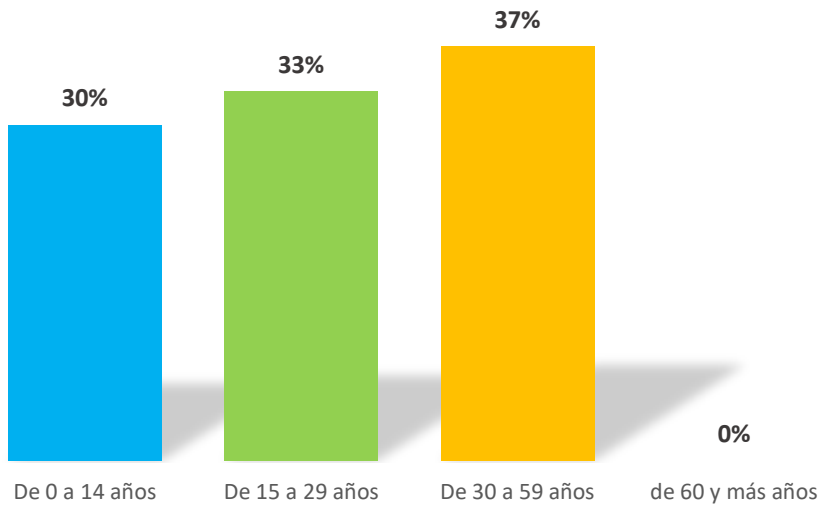
Población total *155*

Composición según sexo

Hombres 53% y Mujeres 47%

Estructura por edad

Gráfica 66. Composición de la población por edad, Distrito 7



Fuente: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, 2018.

Relación de dependencia *42*

Hay 42 personas dependientes por cada 100 personas productivas

Índice de envejecimiento *9*

Existen 9 personas de 65 años y más por cada 100 menores de 15

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Programa de Desarrollo Urbano Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, IMPLAN.

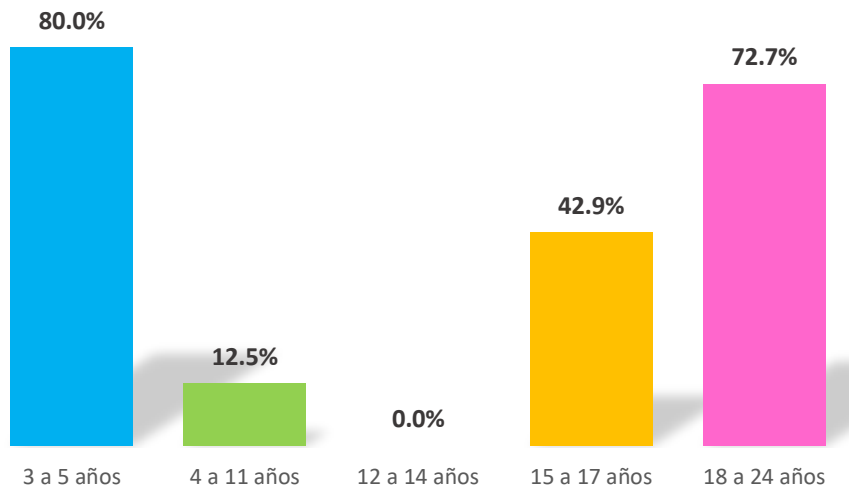
Características sociales

Educación

Tasa de alfabetismo *96.6%*

Tasa de inasistencia escolar por grupo de edad

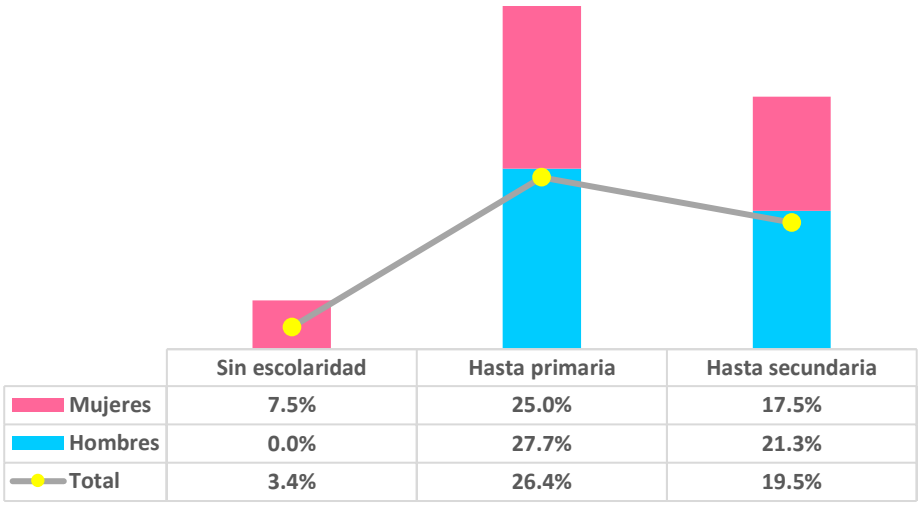
Gráfica 67. Tasa de inasistencia escolar por grupo de edad, Distrito 7



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Población de 15 años y más según escolaridad:

Gráfica 68. Población de 15 años y más según escolaridad, Distrito 7



	Sin escolaridad	Hasta primaria	Hasta secundaria
Mujeres	7.5%	25.0%	17.5%
Hombres	0.0%	27.7%	21.3%
Total	3.4%	26.4%	19.5%

Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

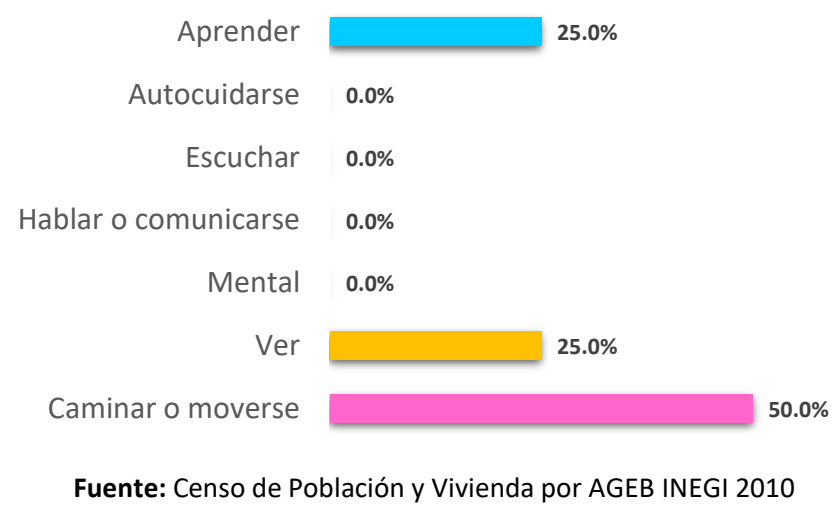
Grado promedio escolar *8.6*

Equivale a poco más del segundo año de secundaria concluido

Discapacidad

En el distrito, el 2.5 de la población total presenta dificultad o limitación para realizar actividades en su vida cotidiana, tales como:

Gráfica 69. Distribución porcentual de la población con discapacidad por tipo de limitación, Distrito 7



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Etnicidad

Población en hogares indígenas *12%*

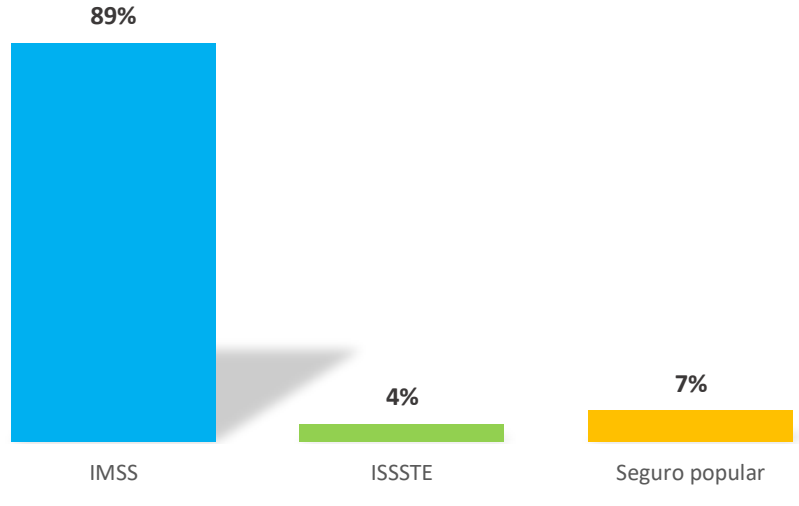
Población de 3 años y más que habla alguna lengua Indígena *8.8%*

La proporción es mayor en el caso de los hombres con 11% por 6% de las mujeres.

Salud

Población afiliada *52%*

Gráfica 70. Distribución porcentual según condición de afiliación a servicio de salud, Distrito 7



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Características de la vivienda

Viviendas particulares habitadas (Estimadas) *47*

Promedio de ocupantes por vivienda *2.7*

Promedio de ocupantes por cuarto *1*

Proporción de viviendas con hacinamiento *24%*

Disponibilidad de servicios en la vivienda

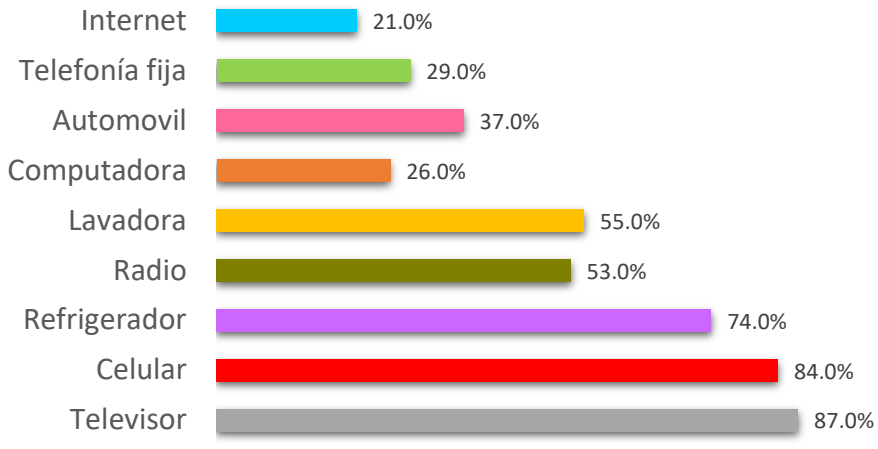
Gráfica 71. Disponibilidad de servicios en la vivienda, Distrito 7

Fuente: Inventario Nacional de Vivienda 2016

Viviendas con recubrimiento en piso *100%*

Viviendas con disponibilidad de bienes

Gráfica 72. Disponibilidad de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la vivienda, Distrito 7

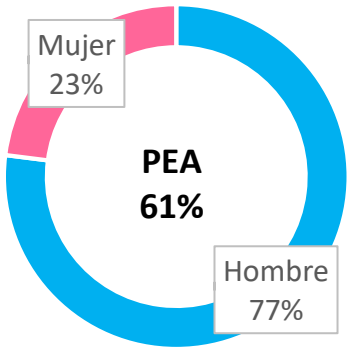


Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Condición económica

Población de 12 años y más, económicamente activa:

Gráfica 73. Población económicamente activa según sexo, Distrito 7



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Tasa de participación económica:

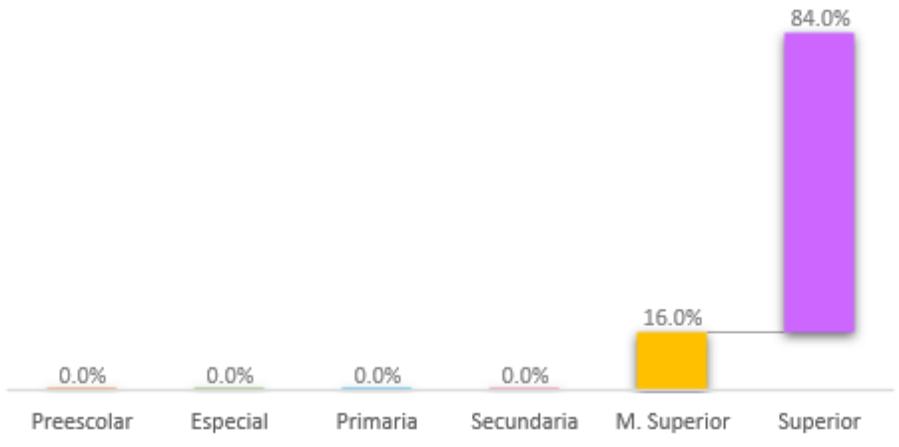
Hombres 90% y Mujeres 30%

Tasa de ocupación *100%*

Infraestructura

Infraestructura educativa *202 aulas*

Gráfica 74. Infraestructura educativa, Distrito 7



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Infraestructura de salud *1*

Tabla 46. Infraestructura de salud, Distrito 7

Consultorios	No.	Consultorios	No.
Generales	0	Hospitales generales	0
Especialidad	0	Hospitales especialidad	0
Dentales	0	Laboratorios	0
Cuidado de la salud	1	Otros servicios	0

Fuente: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, 2018.

Infraestructura por establecimientos *54*

Tabla 47. Categorías de los establecimientos, Distrito 7

%	Actividad	%	Actividad
22	Servicios de alimentos y bebidas	4	Asociaciones y organizaciones
20	Comercio al por menor	4	Comercio al por mayor
13	Servicios personales	4	Servicios financieros y de seguros
13	Servicios inmobiliarios	2	Actividades agropecuarias
9	Servicios educativos	2	Construcción
6	Transporte, correos y almacenamiento	2	Servicios de salud y asistencia social

Fuente: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, 2018



Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Programa de Desarrollo Urbano Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, IMPLAN.

Población

Población total *4,166*

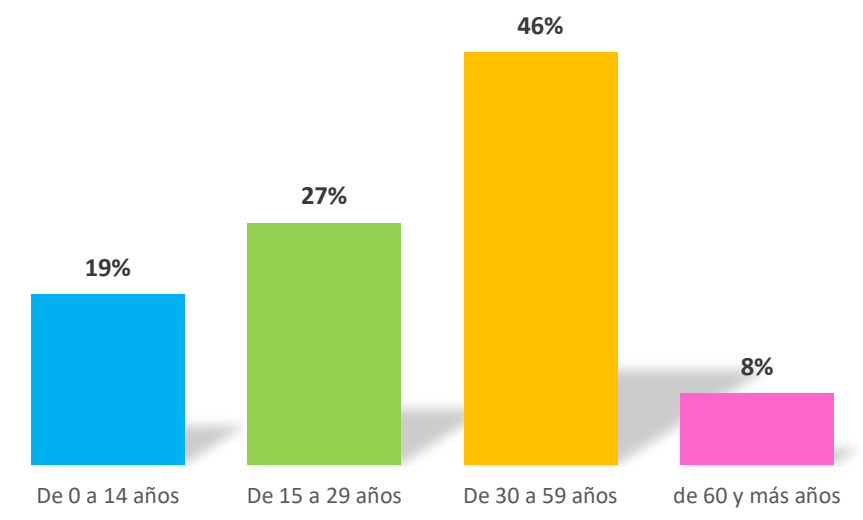
Representa el 0.5% de la población

Composición según sexo

Hombres 48% y Mujeres 52%

Estructura por edad

Gráfica 75. Composición de la población por edad, Distrito 8



Fuente: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, 2018.

Relación de dependencia *34*

Hay 40 personas dependientes por cada 100 personas productivas

Índice de envejecimiento *46*

Existen 46 personas de 65 años y más por cada 100 menores de 15

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Programa de Desarrollo Urbano Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, IMPLAN.

Densidad de población

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2010 y las proyecciones de CONAPO, se estima que para el 2018 la población que habita en el distrito 8 es de 4 mil 166 personas del total de la población de la ciudad de Cancún.

De igual forma, se estima que dicho distrito cuenta con 1 mil 262 viviendas particulares habitadas; con una superficie de 8 mil 731.2 hectáreas el cual representa el 20% de la superficie total del Centro de Población de Cancún; y está compuesto por la zona hotelera y el Sistema Lagunar Nichupté; por lo que la densidad seria de:

Tabla 48. Densidad de población, Distrito 8

Distrito 8	
Densidad de población (hab/has):	**0.5**
Superficie (has)	**8,731.2**
Densidad de Vivienda	**0.1 Viv/ha**
Conformado por:	**0 Smz**

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Programa de Desarrollo Urbano Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, IMPLAN.

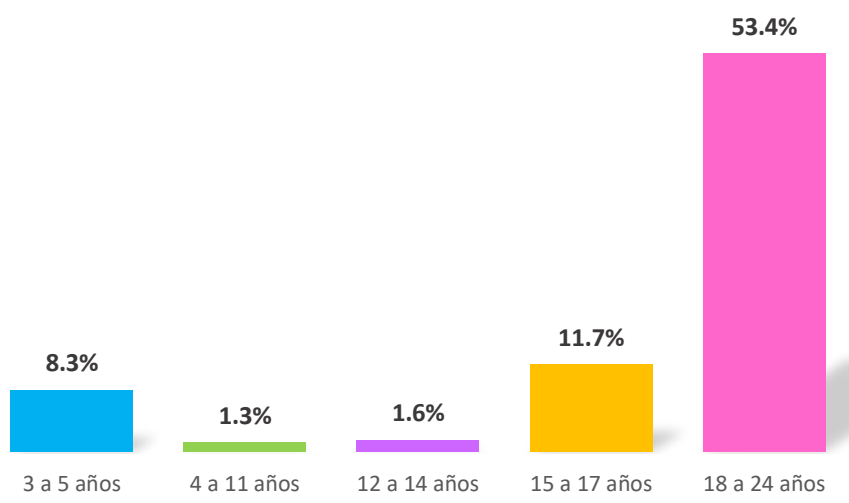
Características sociales

Educación

Tasa de alfabetismo *99.8%*

Tasa de inasistencia escolar por grupo de edad

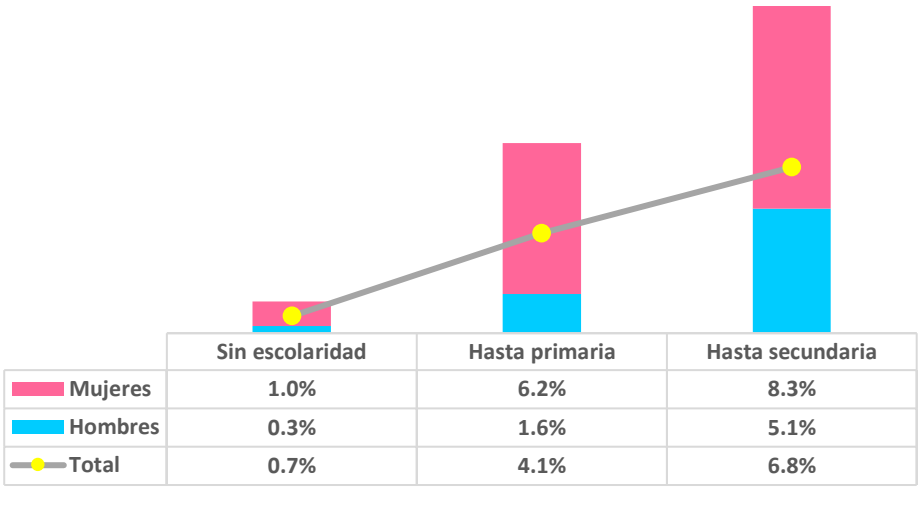
Gráfica 76. Tasa de inasistencia escolar por grupo de edad, Distrito 8



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Población de 15 años y más según escolaridad:

Gráfica 77. Población de 15 años y más según escolaridad, Distrito 8



	Sin escolaridad	Hasta primaria	Hasta secundaria
Mujeres	1.0%	6.2%	8.3%
Hombres	0.3%	1.6%	5.1%
Total	0.7%	4.1%	6.8%

Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

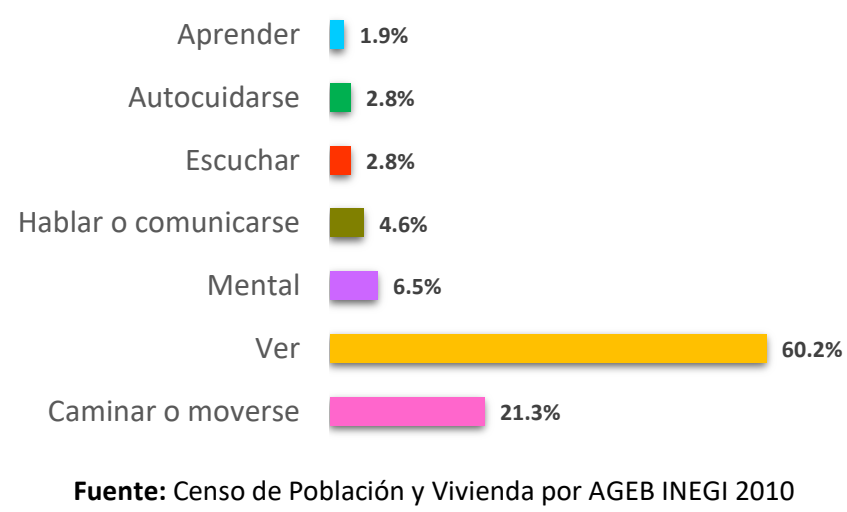
Grado promedio escolar *14*

Equivale al segundo año de media superior concluido

Discapacidad

En el distrito, el 3% de la población total presenta dificultad o limitación para realizar actividades en su vida cotidiana, tales como:

Gráfica 78. Distribución porcentual de la población con discapacidad por tipo de limitación, Distrito 8



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Etnicidad

Población en hogares indígenas *2%*

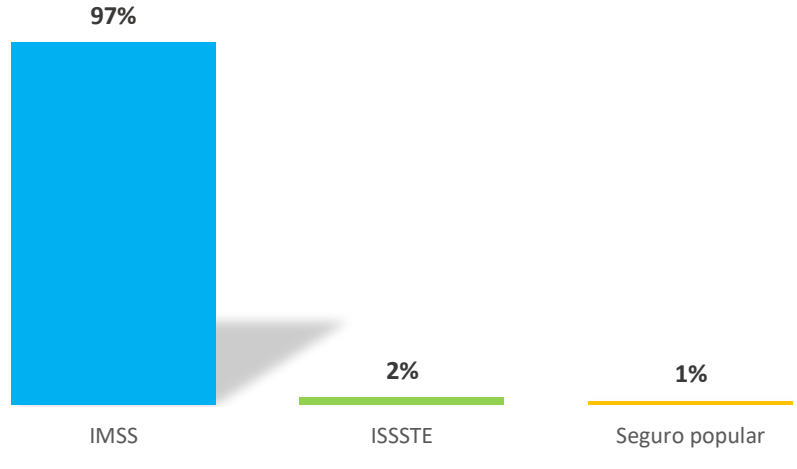
Población de 3 años y más que habla alguna lengua Indígena *2.2%*

La proporción es menor en el caso de los hombres con 1.2% por 3.1% de las mujeres.

Salud

Población afiliada *72%*

Gráfica 79. Distribución porcentual según condición de afiliación a servicio de salud, Distrito 8



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Características de la vivienda

Viviendas particulares habitadas (Estimadas) *1,262*

0.5% de las viviendas habitadas del municipio está en el distrito

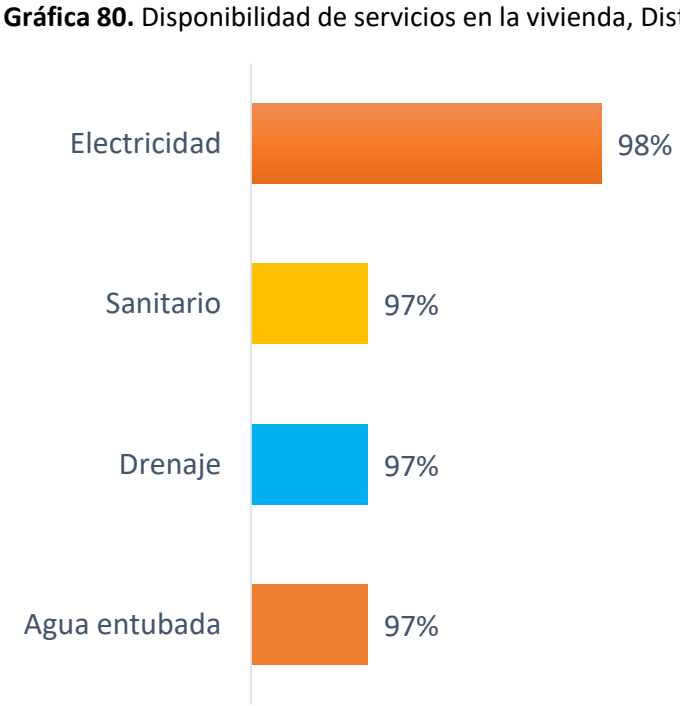
Promedio de ocupantes por vivienda *2.6*

Promedio de ocupantes por cuarto *0.6*

Proporción de viviendas con hacinamiento *0.7%*

Disponibilidad de servicios en la vivienda

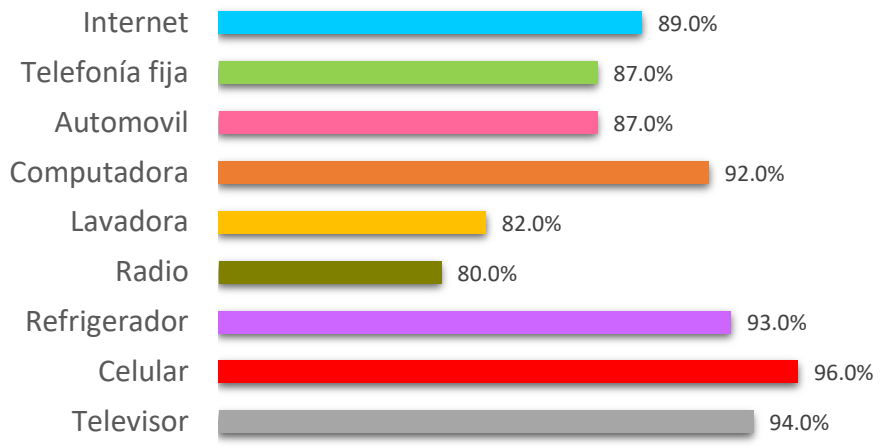
Gráfica 80. Disponibilidad de servicios en la vivienda, Distrito 8



Fuente: Inventario Nacional de Vivienda 2016

Viviendas con disponibilidad de bienes

Gráfica 81. Disponibilidad de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la vivienda, Distrito 8

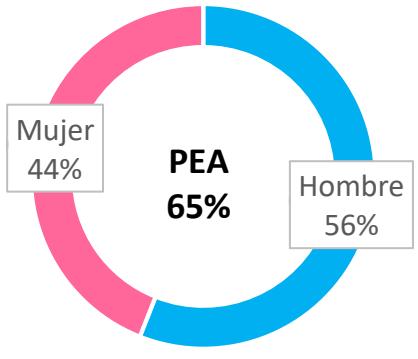


Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Condición económica

Población de 12 años y más, económicamente activa:

Gráfica 82. Población económicamente activa según sexo, Distrito 8



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Tasa de participación económica:

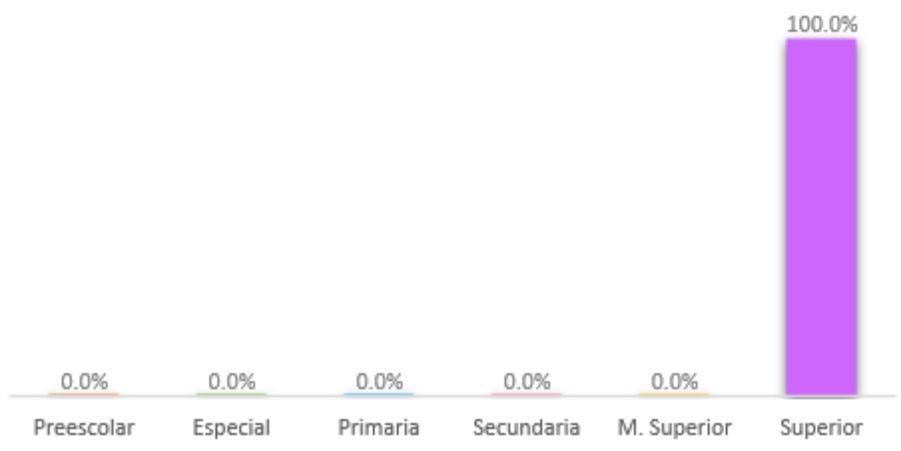
Hombres 76.5% y Mujeres 55%

Tasa de ocupación *99%*

Infraestructura

Infraestructura educativa *6 aulas*

Gráfica 83. Infraestructura educativa, Distrito 8



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Infraestructura de salud *12*

Tabla 49. Infraestructura de salud, Distrito 8

Consultorios	No.	Consultorios	No.
Generales	3	Hospitales generales	0
Especialidad	4	Hospitales especialidad	0
Dentales	4	Laboratorios	0
Cuidado de la salud	1	Otros servicios	0

Fuente: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, 2018.

Infraestructura por establecimientos *1,541*

Tabla 50. Categorías de los establecimientos, Distrito 8

%	Actividad	%	Actividad
43	Comercio al por menor	2	Servicios de entretenimiento
11	Servicios financieros y de seguros	1	Comercio al por mayor
10	Servicios inmobiliarios	1	Servicios de salud y asistencia social
9	Servicios de alimentos y bebidas	4	Otros
7	Servicio de apoyo a los negocios		
6	Servicios de alojamiento temporal		
3	Servicios profesionales y técnicos		
3	Servicios personales		

Fuente: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, 2018



Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Programa de Desarrollo Urbano Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, IMPLAN.

Densidad de población

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2010 y las proyecciones de CONAPO, se estima que para el 2018 la población que habita en el distrito 9 es de 18 mil 341 personas, lo que representa 2.3 del total de la población de la ciudad de Cancún.

De igual forma, se estima que dicho distrito cuenta con 5 mil 558 viviendas particulares habitadas; con una superficie de 822.7 hectáreas el cual representa el 1.9% de la superficie total del Centro de Población de Cancún; y está compuesto por las supermanzanas 307 y 308; por lo que la densidad seria de:

Tabla 51. Densidad de población, Distrito 9

Distrito 9	
Densidad de población (hab/has):	**22.3**
Superficie (has)	**822.7**
Densidad de Vivienda	**6.8 Viv/ha**
Conformado por:	**2 Smz**

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Programa de Desarrollo Urbano Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, IMPLAN.

Población

Población total *18,341*

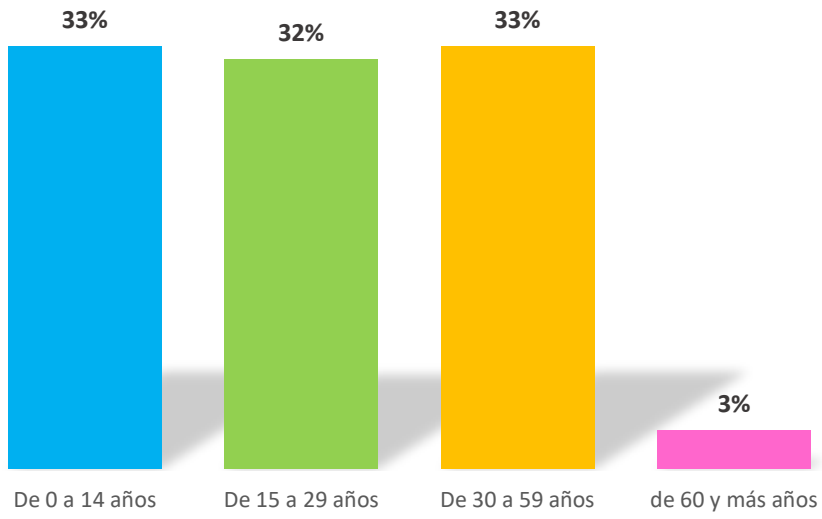
Representa el 2.3% de la población

Composición según sexo

Hombres 51% y Mujeres 49%

Estructura por edad

Gráfica 84. Composición de la población por edad, Distrito 9



Fuente: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, 2018.

Relación de dependencia *53*

Hay 53 personas dependientes por cada 100 personas productivas

Índice de envejecimiento *11*

Existen 11 personas de 65 años y más por cada 100 menores de 15

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Programa de Desarrollo Urbano Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, IMPLAN.

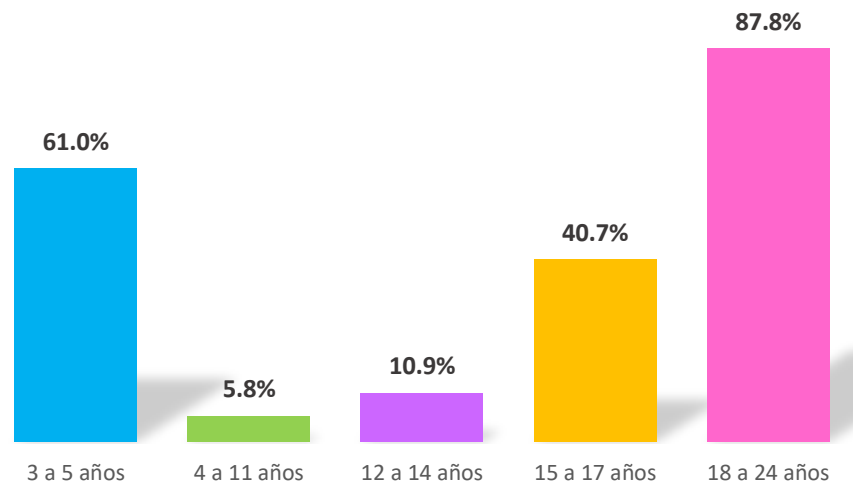
Características sociales

Educación

Tasa de alfabetismo *95.6%*

Tasa de inasistencia escolar por grupo de edad

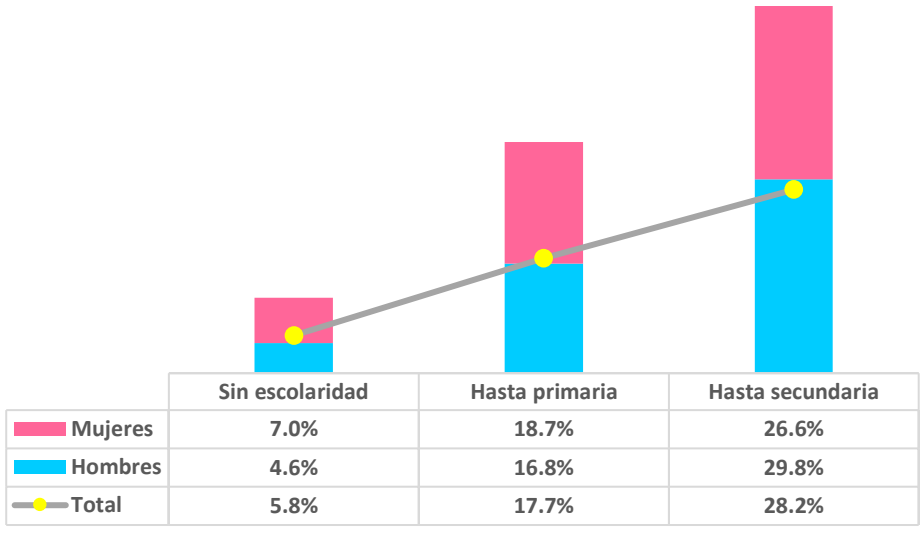
Gráfica 85. Tasa de inasistencia escolar por grupo de edad, Distrito 9



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Población de 15 años y más según escolaridad:

Gráfica 86. Población de 15 años y más según escolaridad, Distrito 9



	Sin escolaridad	Hasta primaria	Hasta secundaria
Mujeres	7.0%	18.7%	26.6%
Hombres	4.6%	16.8%	29.8%
Total	5.8%	17.7%	28.2%

Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

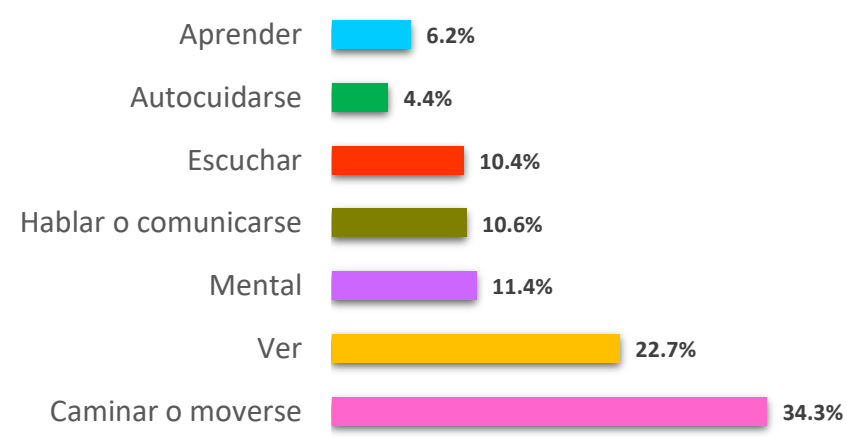
Grado promedio escolar *8*

Equivale al segundo año de secundaria concluido

Discapacidad

En el distrito, el 2.3% de la población total presenta dificultad o limitación para realizar actividades en su vida cotidiana, tales como:

Gráfica 87. Distribución porcentual de la población con discapacidad por tipo de limitación, Distrito 9



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Etnicidad

Población en hogares indígenas *9%*

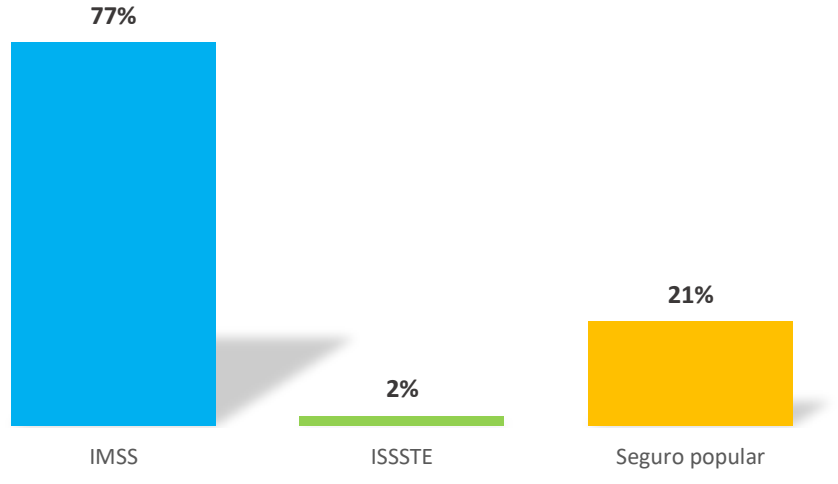
Población de 3 años y más que habla alguna lengua Indígena *4.5%*

La proporción es mayor en el caso de los hombres con 5.1% por 3.9% de las mujeres.

Salud

Población afiliada *54%*

Gráfica 88. Distribución porcentual según condición de afiliación a servicio de salud, Distrito 9



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Características de la vivienda

Viviendas particulares habitadas (Estimadas) *5,558*

2.3% de las viviendas habitadas del municipio está en el distrito

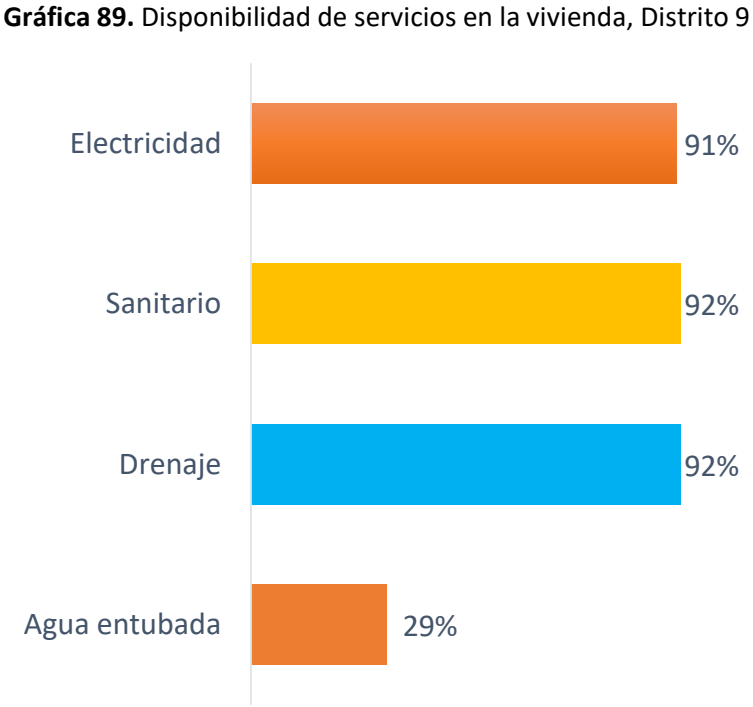
Promedio de ocupantes por vivienda *3.7*

Promedio de ocupantes por cuarto *1.4*

Proporción de viviendas con hacinamiento *19%*

Disponibilidad de servicios en la vivienda

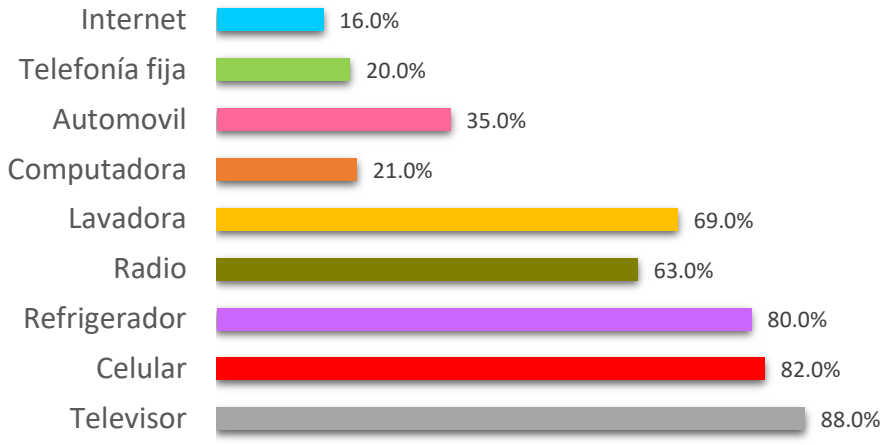
Gráfica 89. Disponibilidad de servicios en la vivienda, Distrito 9



Fuente: Inventario Nacional de Vivienda 2016

Viviendas con disponibilidad de bienes

Gráfica 90. Disponibilidad de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la vivienda, Distrito 9

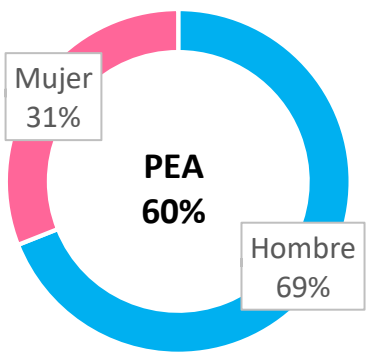


Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Condición económica

Población de 12 años y más, económicamente activa:

Gráfica 91. Población económicamente activa según sexo, Distrito 9



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Tasa de participación económica:

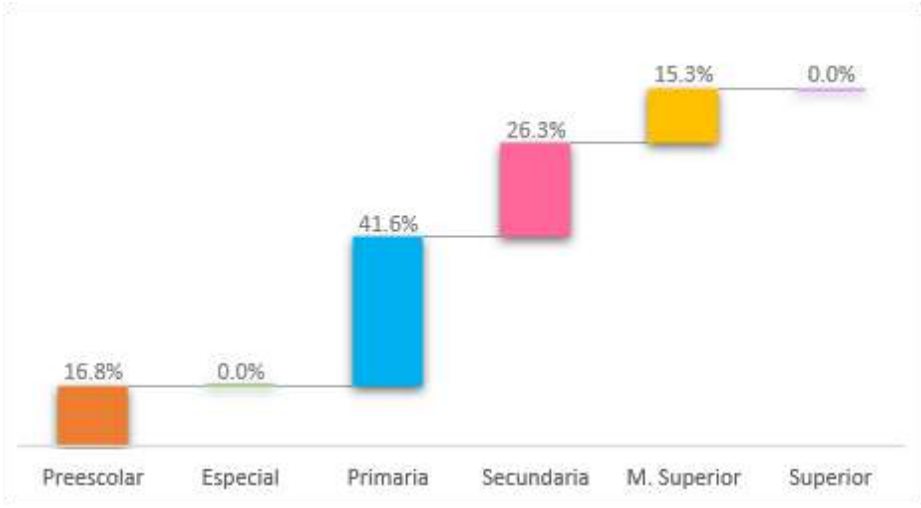
Hombres 80.8% y Mujeres 38.6%

Tasa de ocupación *96%*

Infraestructura

Infraestructura educativa *137 aulas*

Gráfica 92. Infraestructura educativa, Distrito 9



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Infraestructura de salud *12*

Tabla 52. Infraestructura de salud, Distrito 9

Consultorios	No.	Consultorios	No.
Generales	5	Hospitales generales	1
Especialidad	1	Hospitales especialidad	0
Dentales	3	Laboratorios	0
Cuidado de la salud	2	Otros servicios	0

Fuente: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, 2018.

Infraestructura por establecimientos *703*

Tabla 53. Categorías de los establecimientos, Distrito 9

%	Actividad	%	Actividad
34	Comercio al por menor	3	Asociaciones y organizaciones
11	Servicios de alojamiento y alimentos	3	Servicios de salud y asistencia social
10	Industrias manufactureras	2	Servicio de apoyo a los negocios
8	Servicios inmobiliarios	2	Servicios educativos
8	Comercio al por mayor	1	Construcción
7	Servicios de reparación y de mantenimiento	1	Servicios financieros y de seguros
4	Servicios personales	1	Impartición de justicia y administración pública
3	Transporte, correos y almacenamiento	2	Otros

Fuente: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, 2018



Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Programa de Desarrollo Urbano Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, IMPLAN.

Densidad de población

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2010 y las proyecciones de CONAPO, se estima que para el 2018 la población que habita en el distrito 10 es de 10 mil 436 personas, lo que representa 1.3% del total de la población de la ciudad de Cancún.

De igual forma, se estima que dicho distrito cuenta con 3 mil 162 viviendas particulares habitadas; con una superficie de 1,963.3 hectáreas el cual representa el 4.5% de la superficie total del Centro de Población de Cancún; y está compuesto por 30 supermanzanas; por lo que la densidad seria de:

Tabla 54. Densidad de población, Distrito 10

Distrito 10	
Densidad de población (hab/has):	**5.3**
Superficie (has)	**1,963.3**
Densidad de Vivienda	**1.6 Viv/ha**
Conformado por:	**30 Smz**

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Programa de Desarrollo Urbano Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, IMPLAN.

Población

Población total *10,436*

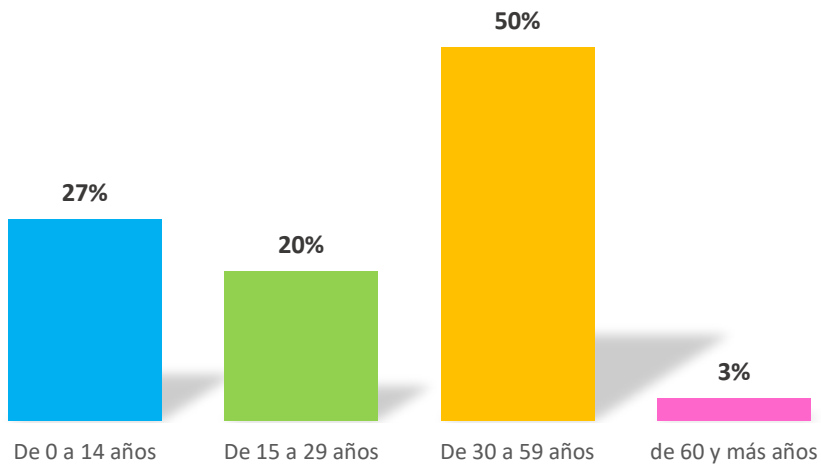
Representa el 1.3% de la población

Composición según sexo

Hombres 48% y Mujeres 52%

Estructura por edad

Gráfica 93. Composición de la población por edad, Distrito 10



Fuente: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, 2018.

Relación de dependencia *39*

Hay 39 personas dependientes por cada 100 personas productivas

Índice de envejecimiento *12*

Existen 12 personas de 65 años y más por cada 100 menores de 15

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Programa de Desarrollo Urbano Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, IMPLAN.

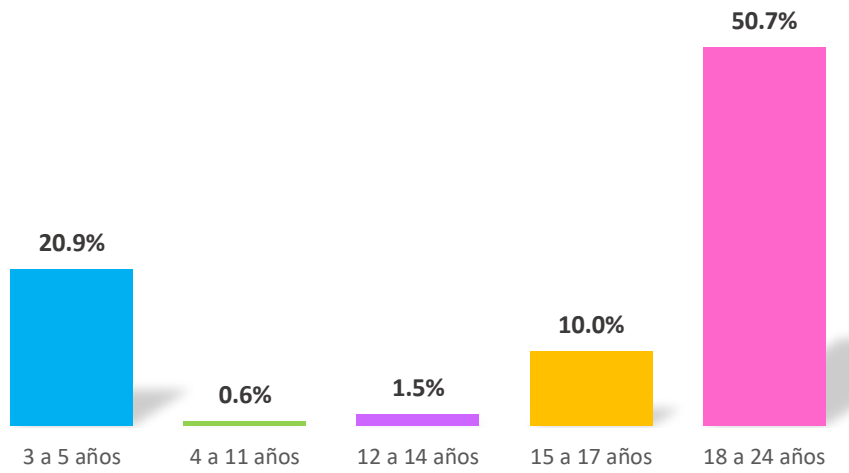
Características sociales

Educación

Tasa de alfabetismo *99.9%*

Tasa de inasistencia escolar por grupo de edad

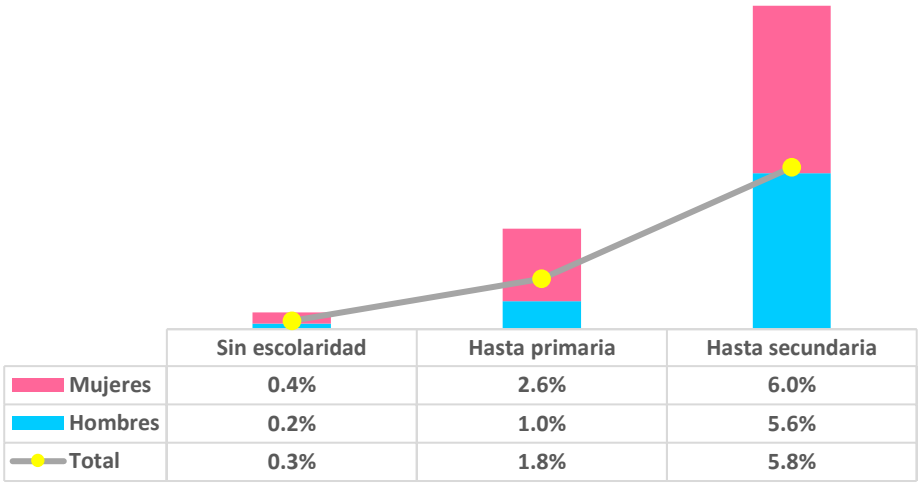
Gráfica 94. Tasa de inasistencia escolar por grupo de edad, Distrito 10



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Población de 15 años y más según escolaridad:

Gráfica 95. Población de 15 años y más según escolaridad, Distrito 10



	Sin escolaridad	Hasta primaria	Hasta secundaria
Mujeres	0.4%	2.6%	6.0%
Hombres	0.2%	1.0%	5.6%
Total	0.3%	1.8%	5.8%

Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

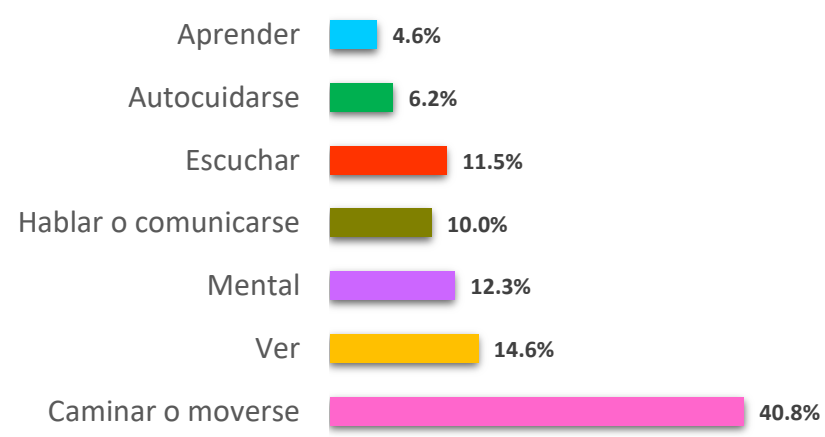
Grado promedio escolar *14*

Equivale al segundo año de la educación superior

Discapacidad

En el distrito, el 1.2% de la población total presenta dificultad o limitación para realizar actividades en su vida cotidiana, tales como:

Gráfica 96. Distribución porcentual de la población con discapacidad por tipo de limitación, Distrito 10



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Etnicidad

Población en hogares indígenas *2%*

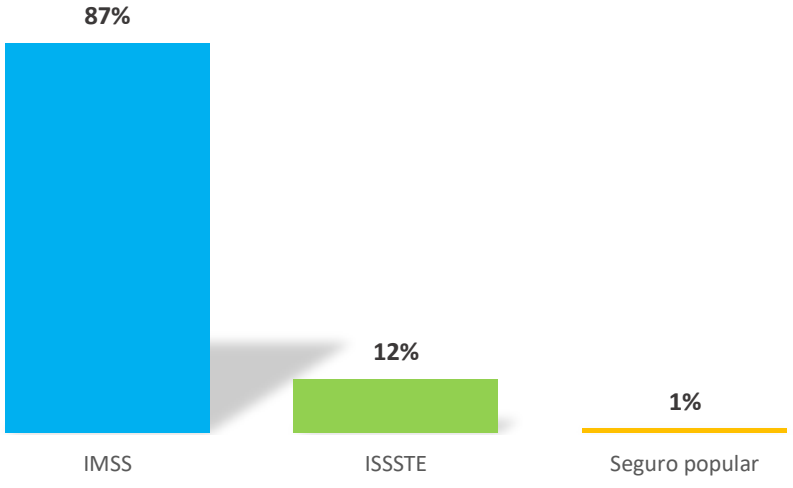
Población de 3 años y más que habla alguna lengua Indígena *1.3%*

La proporción es mayor en el caso de los hombres con 1.4% por 1.2% de las mujeres.

Salud

Población afiliada *77.5%*

Gráfica 97. Distribución porcentual según condición de afiliación a servicio de salud, Distrito 10



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Características de la vivienda

Viviendas particulares habitadas (Estimadas) *3,162*

1.3% de las viviendas habitadas del municipio está en el distrito

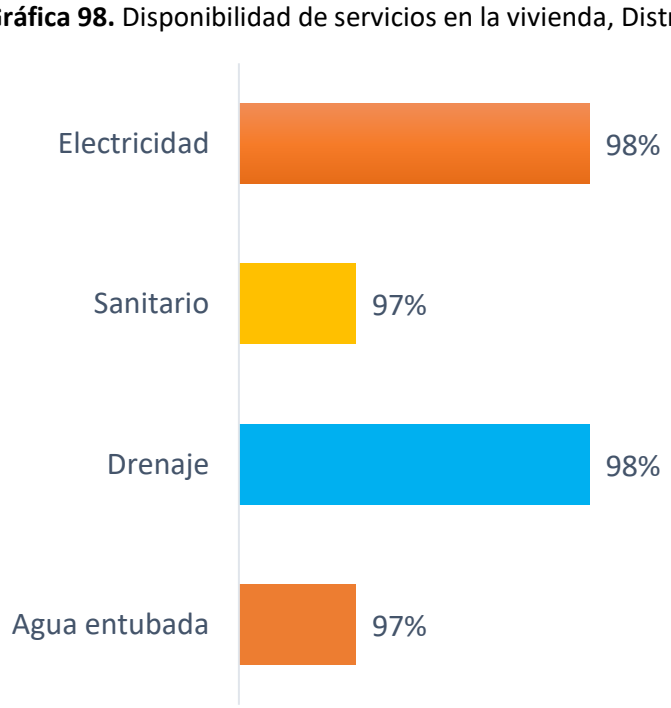
Promedio de ocupantes por vivienda *2.7*

Promedio de ocupantes por cuarto *0.5*

Proporción de viviendas con hacinamiento *1.2%*

Disponibilidad de servicios en la vivienda

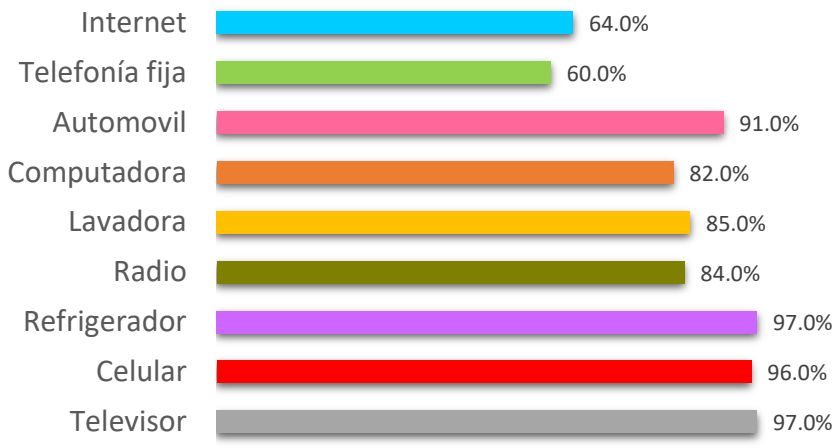
Gráfica 98. Disponibilidad de servicios en la vivienda, Distrito 10



Fuente: Inventario Nacional de Vivienda 2016

Viviendas con disponibilidad de bienes

Gráfica 99. Disponibilidad de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la vivienda, Distrito 10

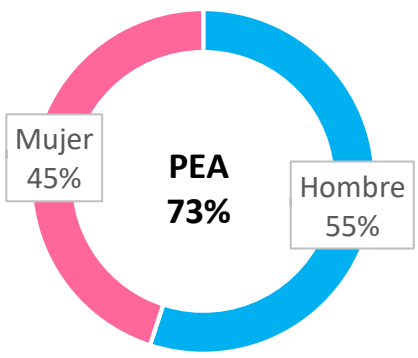


Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Condición económica

Población de 12 años y más, económicamente activa:

Gráfica 100. Población económicamente activa según sexo, Distrito 10



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Tasa de participación económica:

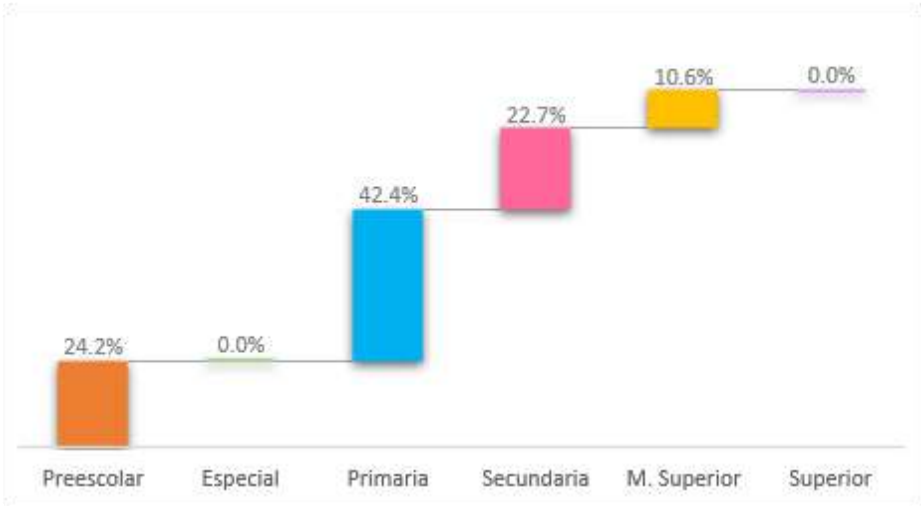
Hombres 82.6% y Mujeres 64.1%

Tasa de ocupación *97.5%*

Infraestructura

Infraestructura educativa *66 aulas*

Gráfica 101. Infraestructura educativa, Distrito 10



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Infraestructura de salud *2*

Tabla 55. Infraestructura de salud, Distrito 10

Consultorios	No.	Consultorios	No.
Generales	1	Hospitales generales	0
Especialidad	0	Hospitales especialidad	0
Dentales	1	Laboratorios	0
Cuidado de la salud	0	Otros servicios	0

Fuente: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, 2018.

Infraestructura por establecimientos *88*

Tabla 56. Categorías de los establecimientos, Distrito 10

%	Actividad	%	Actividad
41	Comercio al por menor	3	Servicios de entretenimiento
14	Servicios inmobiliarios	2	Construcción
11	Servicios personales	2	Servicios profesionales y técnicos
7	Servicios financieros y de seguros	1	Información en medios masivos
6	Servicios de alojamiento y alimentos	1	Asociaciones y organizaciones
4	Servicios educativos	1	Servicios de reparación y de mantenimiento
4	Servicios de salud y asistencia social		
3	Servicio de apoyo a los negocios		

Fuente: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, 2018



Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Programa de Desarrollo Urbano Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, IMPLAN.

Densidad de población

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2010 y las proyecciones de CONAPO, se estima que para el 2018 la población que habita en el distrito 11 es de 185 mil 651 personas, lo que representa 23% del total de la población de la ciudad de Cancún.

De igual forma, se estima que dicho distrito cuenta con 56 mil 258 viviendas particulares habitadas; con una superficie de 2,280.3 hectáreas el cual representa el 5.2% de la superficie total del Centro de Población de Cancún; y está compuesto por 35 supermanzanas; por lo que la densidad seria de:

Tabla 57. Densidad de población, Distrito 11

Distrito 11	
Densidad de población (hab/has):	**81.4**
Superficie (has)	**2,280.3**
Densidad de Vivienda	**24.7 Viv/ha**
Conformado por:	**35 Smz**

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Programa de Desarrollo Urbano Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, IMPLAN.

Población

Población total *185,651*

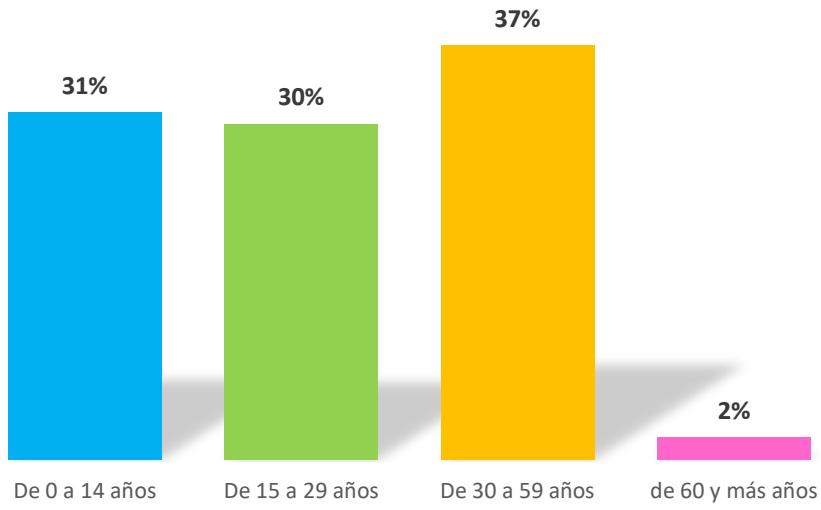
Representa el 23% de la población

Composición según sexo

Hombres 50.2% y Mujeres 49.8%

Estructura por edad

Gráfica 102. Composición de la población por edad, Distrito 11



Fuente: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, 2018.

Relación de dependencia *47*

Hay 47 personas dependientes por cada 100 personas productivas

Índice de envejecimiento *7*

Existen 7 personas de 65 años y más por cada 100 menores de 15

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Programa de Desarrollo Urbano Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, IMPLAN.

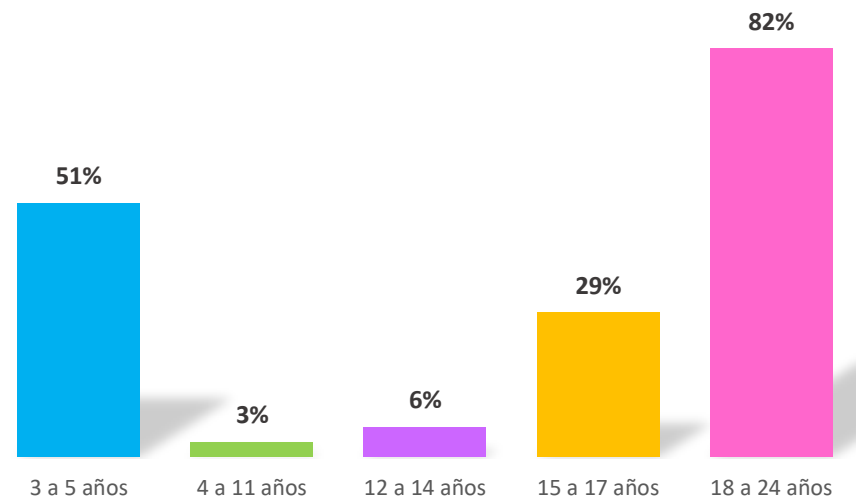
Características sociales

Educación

Tasa de alfabetismo *98%*

Tasa de inasistencia escolar por grupo de edad

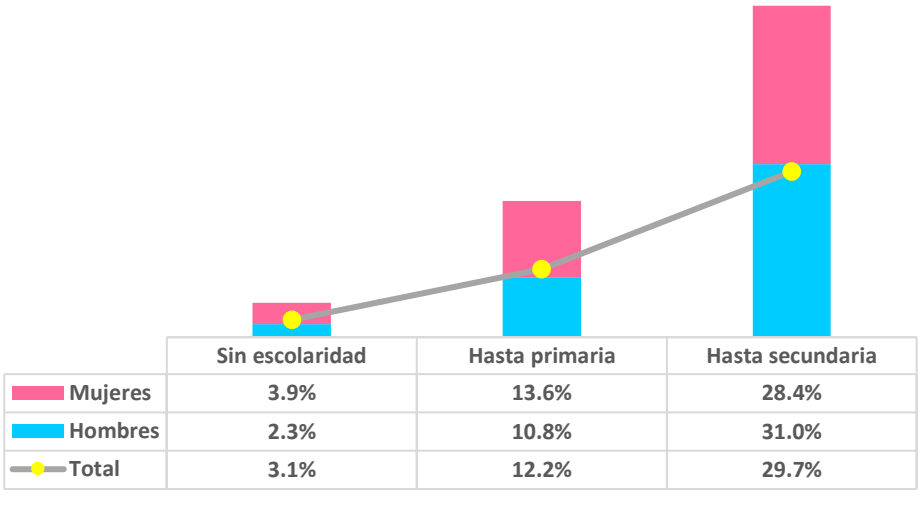
Gráfica 103. Tasa de inasistencia escolar por grupo de edad, Distrito 11



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Población de 15 años y más según escolaridad:

Gráfica 104. Población de 15 años y más según escolaridad, Distrito 11



	Sin escolaridad	Hasta primaria	Hasta secundaria
Mujeres	3.9%	13.6%	28.4%
Hombres	2.3%	10.8%	31.0%
Total	3.1%	12.2%	29.7%

Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

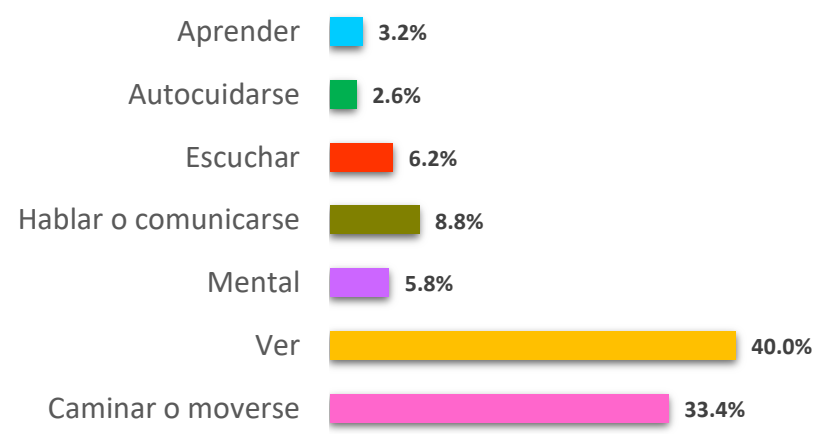
Grado promedio escolar *9.2*

Equivale a un poco más de la secundaria concluida

Discapacidad

En el distrito, el 2.6% de la población total presenta dificultad o limitación para realizar actividades en su vida cotidiana, tales como:

Gráfica 105. Distribución porcentual de la población con discapacidad por tipo de limitación, Distrito 11



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Etnicidad

Población en hogares indígenas *23%*

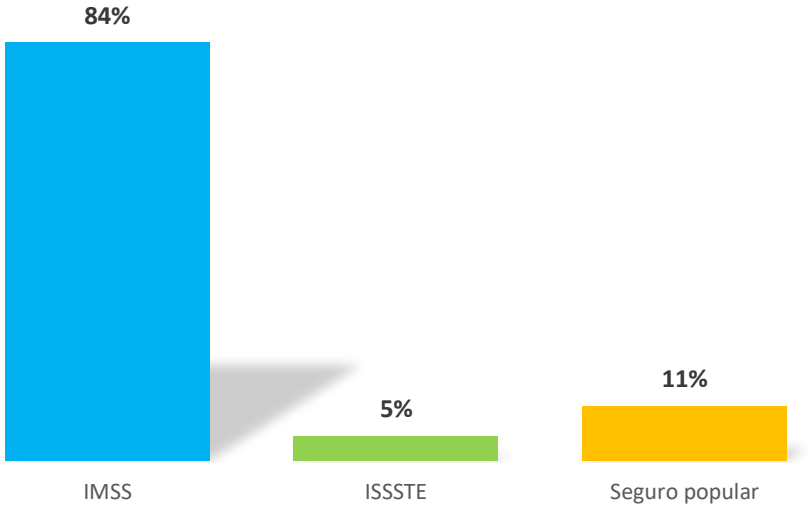
Población de 3 años y más que habla alguna lengua Indígena *10.2%*

La proporción es mayor en el caso de los hombres con 11% por 9.5% de las mujeres.

Salud

Población afiliada *68%*

Gráfica 106. Distribución porcentual según condición de afiliación a servicio de salud, Distrito 11



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Características de la vivienda

Viviendas particulares habitadas (Estimadas) *56,258*

1.3% de las viviendas habitadas del municipio está en el distrito

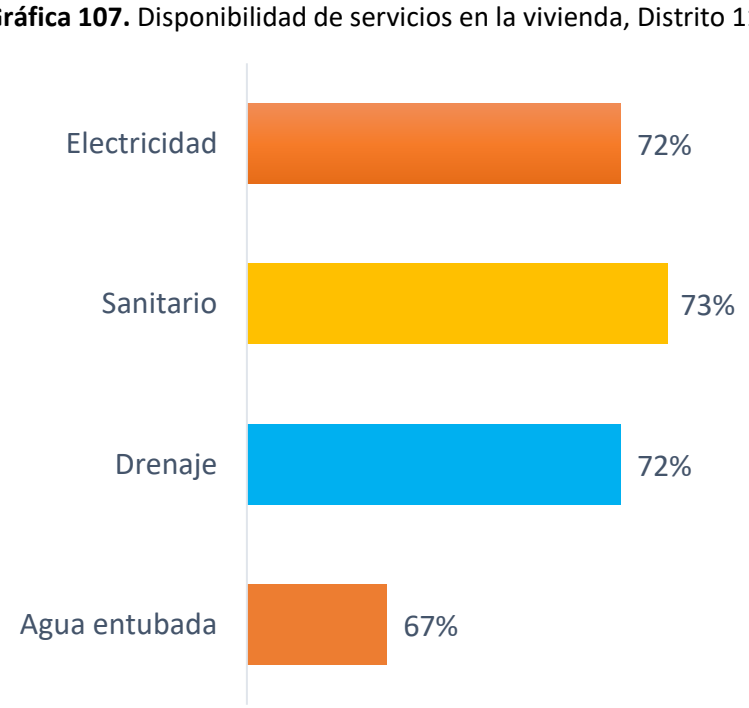
Promedio de ocupantes por vivienda *3.5*

Promedio de ocupantes por cuarto *1.3*

Proporción de viviendas con hacinamiento *7%*

Disponibilidad de servicios en la vivienda

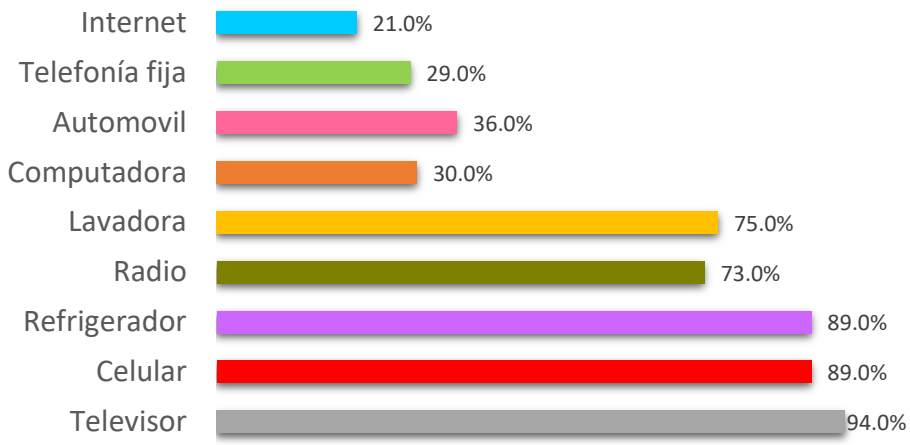
Gráfica 107. Disponibilidad de servicios en la vivienda, Distrito 11



Fuente: Inventario Nacional de Vivienda 2016

Viviendas con disponibilidad de bienes

Gráfica 108. Disponibilidad de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la vivienda, Distrito 11

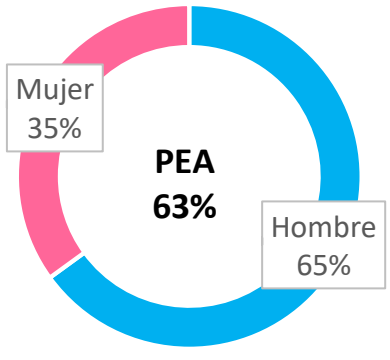


Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Condición económica

Población de 12 años y más, económicamente activa:

Gráfica 109. Población económicamente activa según sexo, Distrito 11



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Tasa de participación económica:

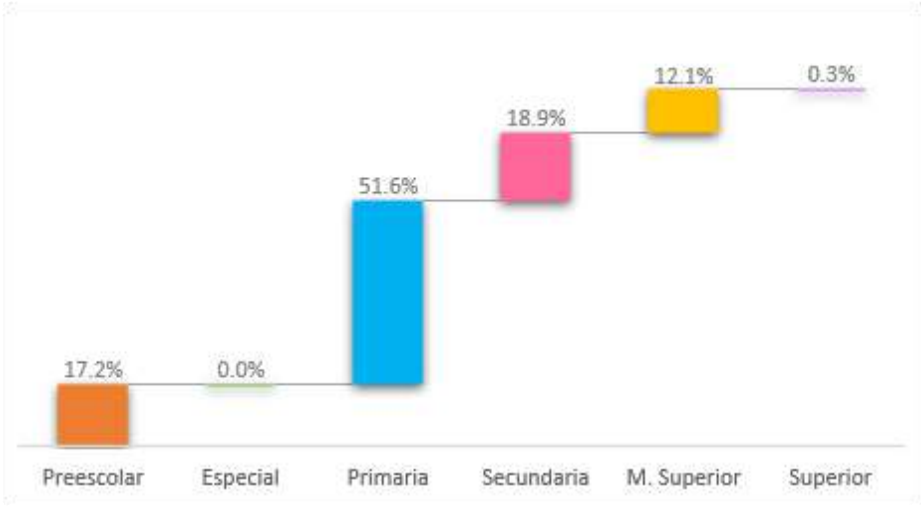
Hombres 81.4% y Mujeres 44%

Tasa de ocupación *96.5%*

Infraestructura

Infraestructura educativa *1,095 aulas*

Gráfica 110. Infraestructura educativa, Distrito 11



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Infraestructura de salud *26*

Tabla 58. Infraestructura de salud, Distrito 11

Consultorios	No.	Consultorios	No.
Generales	4	Hospitales generales	1
Especialidad	1	Clínicas de consultorios	2
Dentales	9	Laboratorios	5
Cuidado de la salud	3	Enfermería a domicilio	1

Fuente: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, 2018.

Infraestructura por establecimientos *3,842*

Tabla 59. Categorías de los establecimientos, Distrito 11

%	Actividad	%	Actividad
43	Comercio al por menor	2	Servicios inmobiliarios
15	Servicios de alojamiento y alimentos	2	Servicios de salud y asistencia social
10	Servicios de reparación y de mantenimiento	2	Comercio al por mayor
8	Servicios personales	1	Servicios de entretenimiento
6	Industrias manufactureras	1	Servicios financieros y de seguros
3	Asociaciones y organizaciones	1	Otro
3	Servicios educativos		
3	Servicio de apoyo a los negocios		

Fuente: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, 2018



Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Programa de Desarrollo Urbano Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, IMPLAN.

Densidad de población

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2010 y las proyecciones de CONAPO, se estima que para el 2018 la población que habita en el distrito 12 es de 9 mil 107 personas, lo que representa el 1% del total de la población de la ciudad de Cancún.

De igual forma, se estima que dicho distrito cuenta con 2 mil 760 viviendas particulares habitadas; con una superficie de 569.1 hectáreas el cual representa el 1.3% de la superficie total del Centro de Población de Cancún; y está compuesto por 5 supermanzanas; por lo que la densidad seria de:

Tabla 60. Densidad de población, Distrito 12

Distrito 12	
Densidad de población (hab/has):	**16**
Superficie (has)	**569**
Densidad de Vivienda	**4.8 Viv/ha**
Conformado por:	**5 Smz**

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Programa de Desarrollo Urbano Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, IMPLAN.

Población

Población total *9,107*

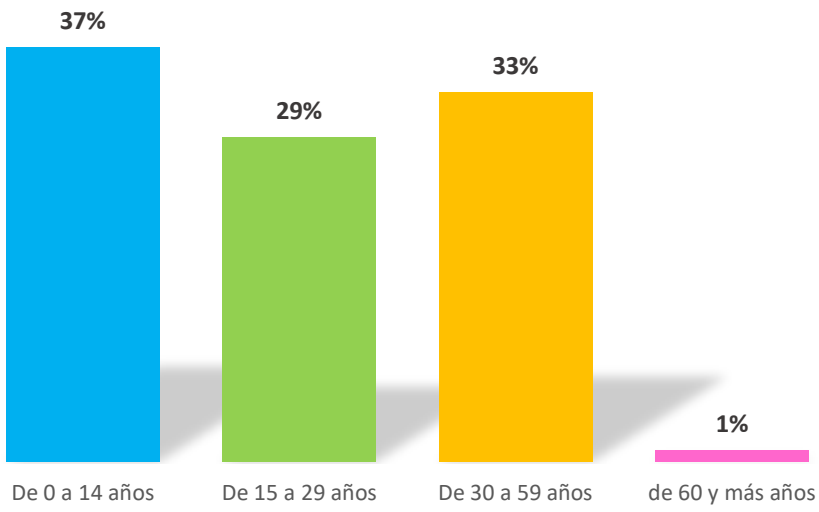
Representa el 1.1% de la población

Composición según sexo

Hombres 51% y Mujeres 49%

Estructura por edad

Gráfica 111. Composición de la población por edad, Distrito 12



Fuente: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, 2018.

Relación de dependencia *57*

Hay 57 personas dependientes por cada 100 personas productivas

Índice de envejecimiento *5*

Existen 5 personas de 65 años y más por cada 100 menores de 15

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Programa de Desarrollo Urbano Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, IMPLAN.

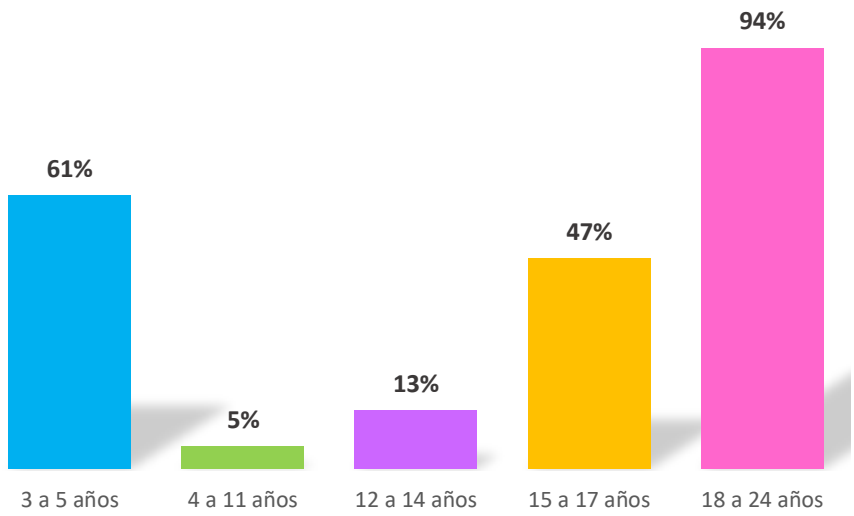
Características sociales

Educación

Tasa de alfabetismo *95%*

Tasa de inasistencia escolar por grupo de edad

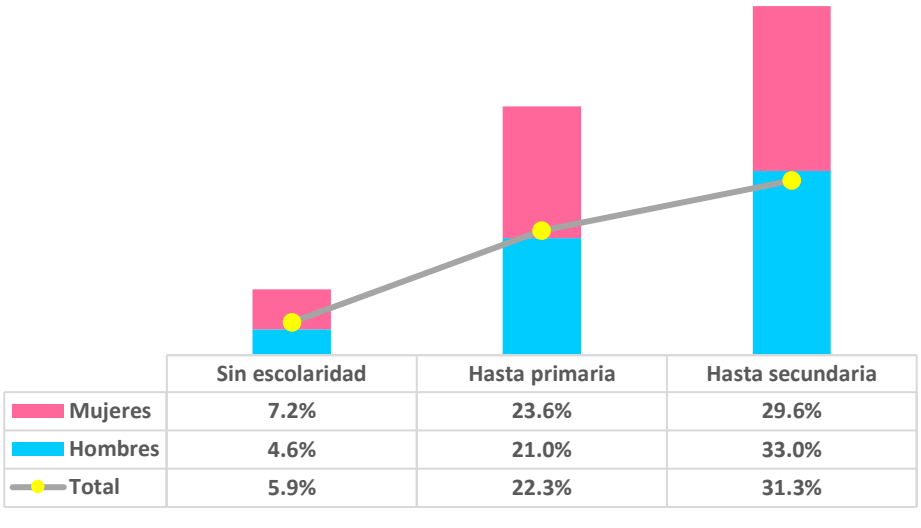
Gráfica 112. Tasa de inasistencia escolar por grupo de edad, Distrito 12



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Población de 15 años y más según escolaridad:

Gráfica 113. Población de 15 años y más según escolaridad, Distrito 12



	Sin escolaridad	Hasta primaria	Hasta secundaria
Mujeres	7.2%	23.6%	29.6%
Hombres	4.6%	21.0%	33.0%
Total	5.9%	22.3%	31.3%

Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

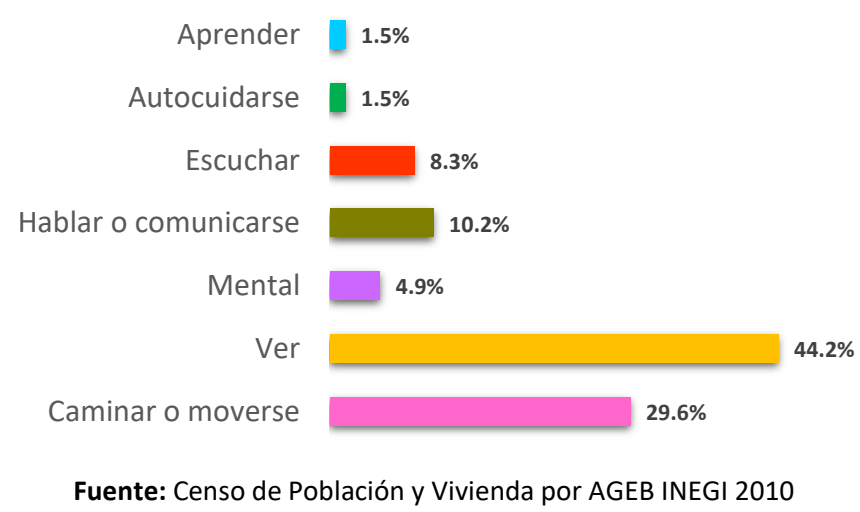
Grado promedio escolar *7.2*

Equivale a un poco más del primer año de secundaria concluida

Discapacidad

En el distrito, el 2.7% de la población total presenta dificultad o limitación para realizar actividades en su vida cotidiana, tales como:

Gráfica 114. Distribución porcentual de la población con discapacidad por tipo de limitación, Distrito 12



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Etnicidad

Población en hogares indígenas *23%*

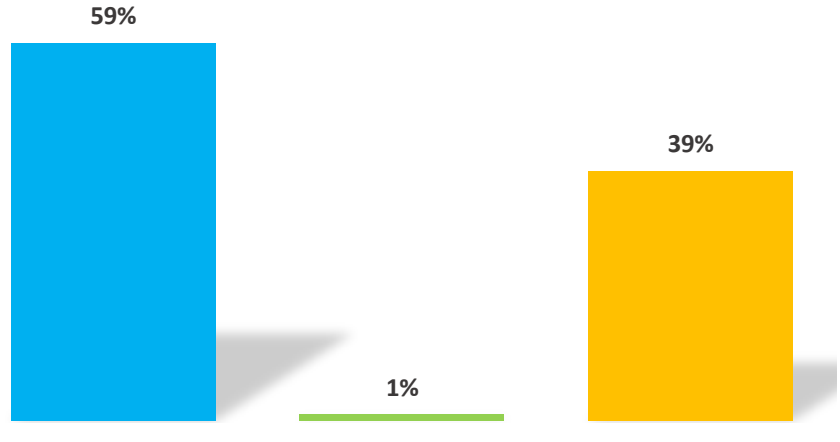
Población de 3 años y más que habla alguna lengua Indígena *10.4%*

La proporción es mayor en el caso de los hombres con 11% por 9.6% de las mujeres.

Salud

Población afiliada *63%*

Gráfica 115. Distribución porcentual según condición de afiliación a servicio de salud, Distrito 12



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Características de la vivienda

Viviendas particulares habitadas (Estimadas) *2,760*

1.1% de las viviendas habitadas del municipio está en el distrito

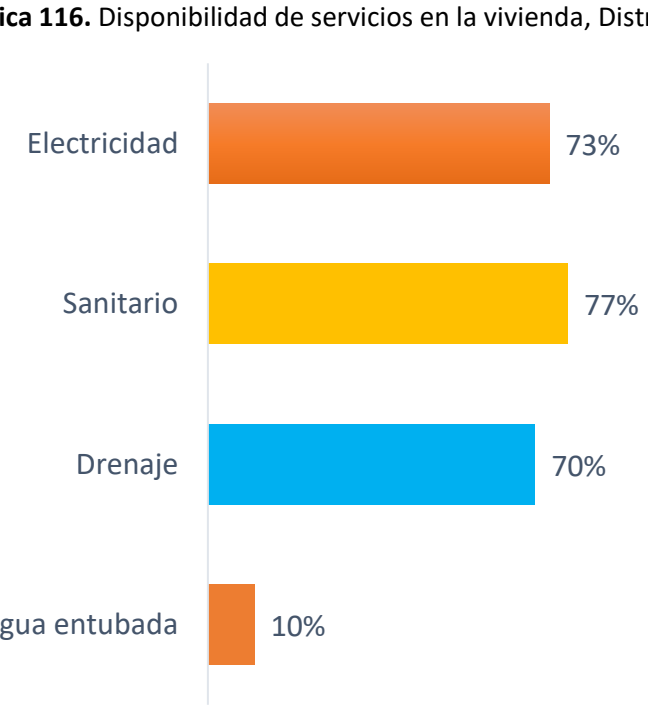
Promedio de ocupantes por vivienda *3.8*

Promedio de ocupantes por cuarto *2*

Proporción de viviendas con hacinamiento *22%*

Disponibilidad de servicios en la vivienda

Gráfica 116. Disponibilidad de servicios en la vivienda, Distrito 12

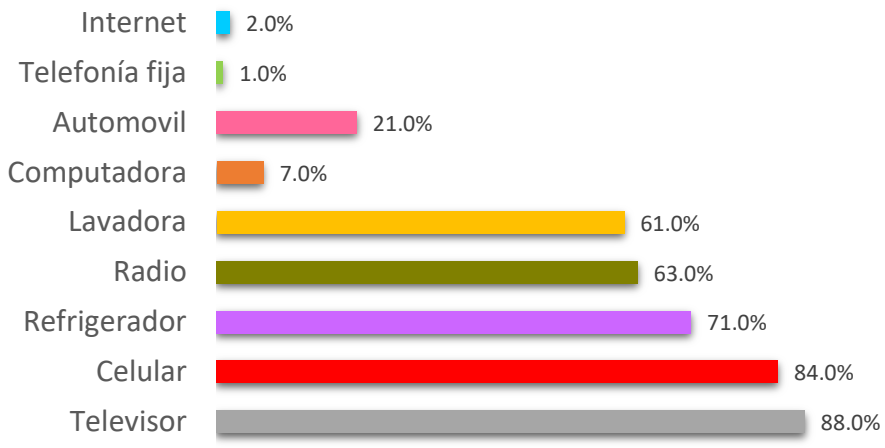


Fuente: Inventario Nacional de Vivienda 2016

Viviendas con recubrimiento en piso *68%*

Viviendas con disponibilidad de bienes

Gráfica 117. Disponibilidad de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la vivienda, Distrito 12

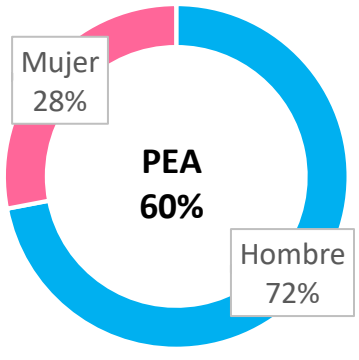


Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Condición económica

Población de 12 años y más, económicamente activa:

Gráfica 118. Población económicamente activa según sexo, Distrito 12



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Tasa de participación económica:

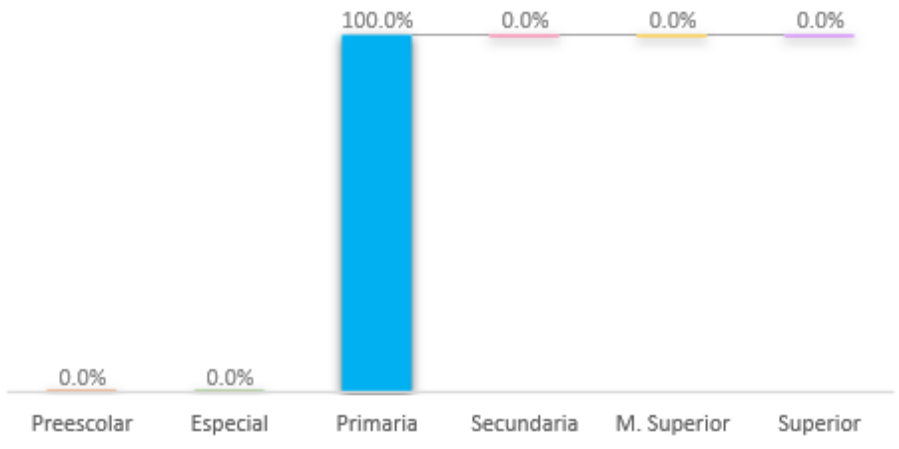
Hombres 83.4% y Mujeres 34.4%

Tasa de ocupación *96%*

Infraestructura

Infraestructura educativa *16 aulas*

Gráfica 119. Infraestructura educativa, Distrito 12



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Infraestructura de salud *1*

Tabla 61. Infraestructura de salud, Distrito 12

Consultorios	No.	Consultorios	No.
Generales	0	Hospitales generales	0
Especialidad	0	Clínicas de consultorios	0
Dentales	0	Laboratorios	0
Cuidado de la salud	1	Otros	0

Fuente: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, 2018.

Infraestructura por establecimientos *237*

Tabla 62. Categorías de los establecimientos, Distrito 12

%	Actividad	%	Actividad
51	Comercio al por menor	3	Comercio al por mayor
10	Industrias manufactureras	3	Servicio de apoyo a los negocios
9	Asociaciones y organizaciones	2	Servicios inmobiliarios
8	Servicios de alimentos y bebidas	1	Servicios de salud y asistencia social
7	Servicios de reparación y de mantenimiento	1	Otro
5	Servicios personales		

Fuente: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, 2018



Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Programa de Desarrollo Urbano Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, IMPLAN.

Densidad de población

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2010 y las proyecciones de CONAPO, se estima que para el 2018 la población que habita en el distrito 13 es de 2 mil 945 personas, lo que representa el 0.3% del total de la población de la ciudad de Cancún.

De igual forma, se estima que dicho distrito cuenta con 756 viviendas particulares habitadas; con una superficie de 1,246.1 hectáreas el cual representa el 3% de la superficie total del Centro de Población de Cancún; y está compuesto por 5 supermanzanas; por lo que la densidad seria de:

Tabla 63. Densidad de población, Distrito 13

Distrito 13	
Densidad de población (hab/has):	**2**
Superficie (has)	**1,246**
Densidad de Vivienda	**0.6 Viv/ha**
Conformado por:	**5 Smz**

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Programa de Desarrollo Urbano Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, IMPLAN.

Población

Población total *2,495*

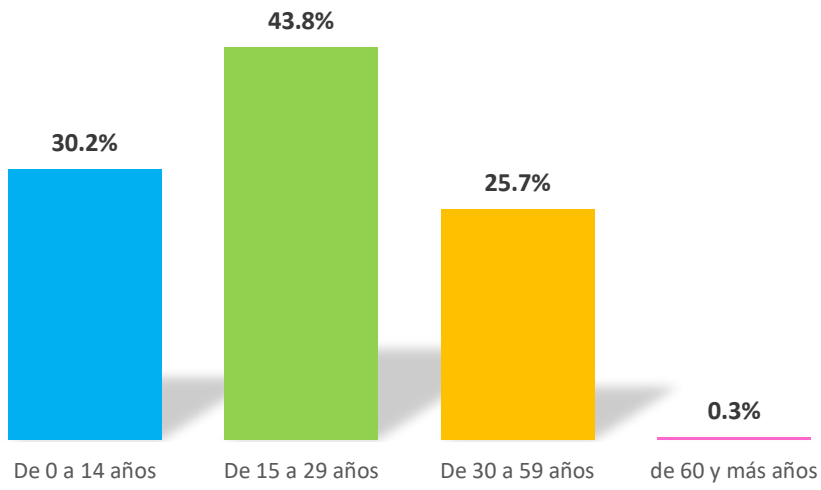
Representa el 0.3% de la población

Composición según sexo

Hombres 52.6% y Mujeres 47.4%

Estructura por edad

Gráfica 120. Composición de la población por edad, Distrito 13



Fuente: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, 2018.

Relación de dependencia *35*

Hay 35 personas dependientes por cada 100 personas productivas

Índice de envejecimiento *4*

Existen 4 personas de 65 años y más por cada 100 menores de 15

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Programa de Desarrollo Urbano Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, IMPLAN.

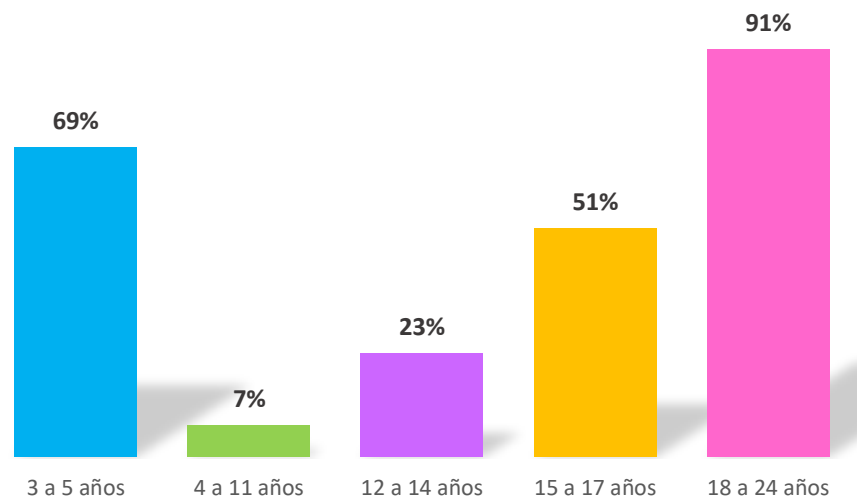
Características sociales

Educación

Tasa de alfabetismo *98%*

Tasa de inasistencia escolar por grupo de edad

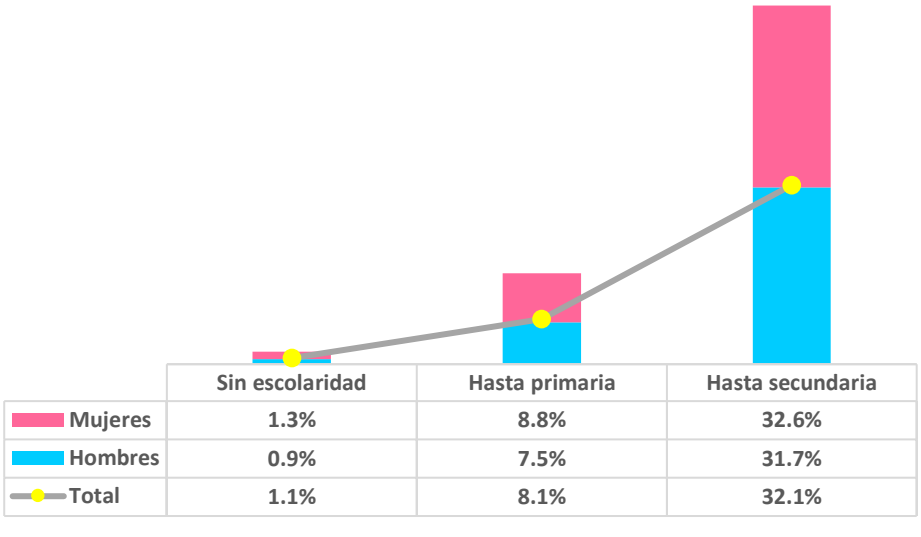
Gráfica 121. Tasa de inasistencia escolar por grupo de edad, Distrito 13



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Población de 15 años y más según escolaridad:

Gráfica 122. Población de 15 años y más según escolaridad, Distrito 13



	Sin escolaridad	Hasta primaria	Hasta secundaria
Mujeres	1.3%	8.8%	32.6%
Hombres	0.9%	7.5%	31.7%
Total	1.1%	8.1%	32.1%

Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

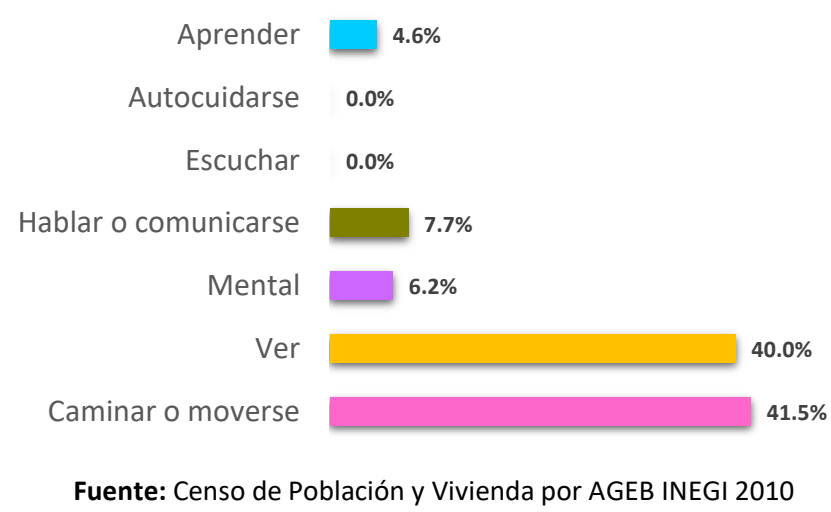
Grado promedio escolar *10*

Equivale al primer año de educación media superior concluido

Discapacidad

En el distrito, el 3% de la población total presenta dificultad o limitación para realizar actividades en su vida cotidiana, tales como:

Gráfica 123. Distribución porcentual de la población con discapacidad por tipo de limitación, Distrito 13



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Etnicidad

Población en hogares indígenas *17%*

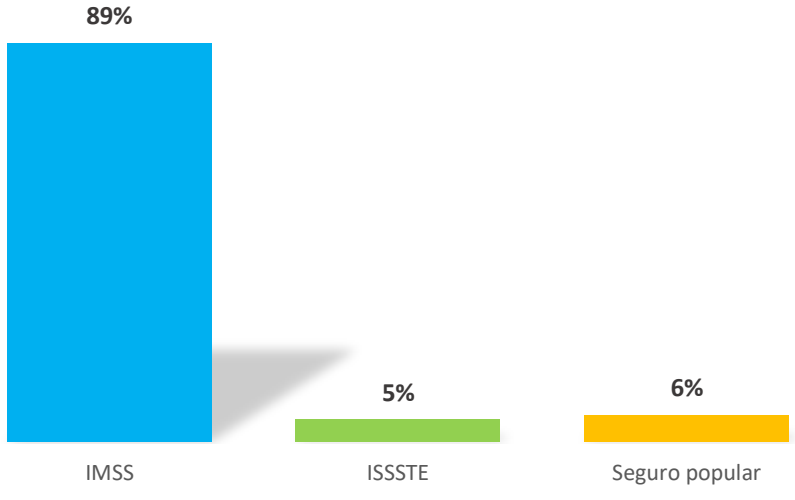
Población de 3 años y más que habla alguna lengua Indígena *10.4%*

La proporción es mayor en el caso de los hombres con 13% por 8% de las mujeres.

Salud

Población afiliada *63%*

Gráfica 124. Distribución porcentual según condición de afiliación a servicio de salud, Distrito 13



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Características de la vivienda

Viviendas particulares habitadas (Estimadas) *756*

0.3% de las viviendas habitadas del municipio está en el distrito

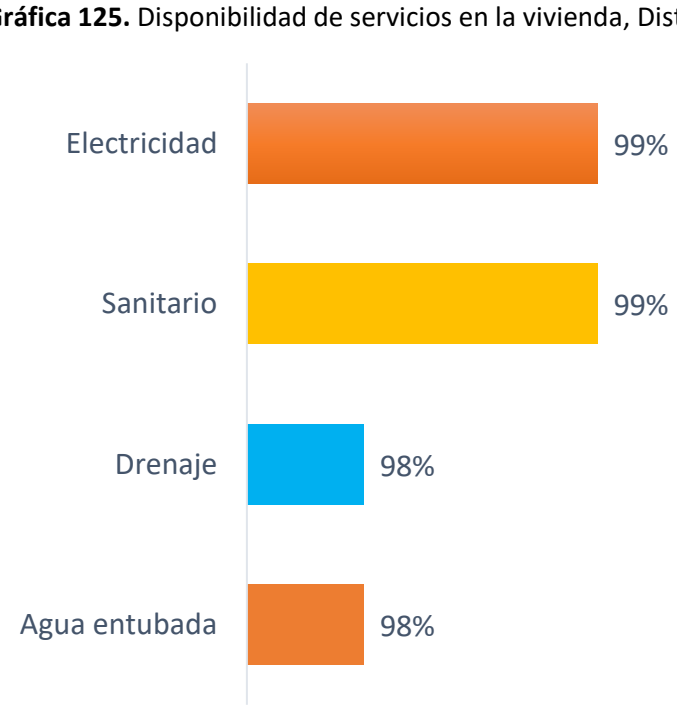
Promedio de ocupantes por vivienda *2.8*

Promedio de ocupantes por cuarto *1.2*

Proporción de viviendas con hacinamiento *6.8%*

Disponibilidad de servicios en la vivienda

Gráfica 125. Disponibilidad de servicios en la vivienda, Distrito 13

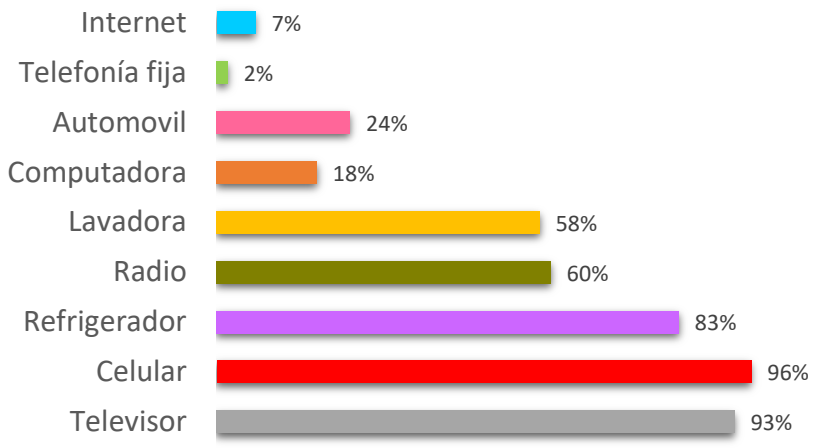


Fuente: Inventario Nacional de Vivienda 2016

Viviendas con recubrimiento en piso *98%*

Viviendas con disponibilidad de bienes

Gráfica 126. Disponibilidad de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la vivienda, Distrito 13

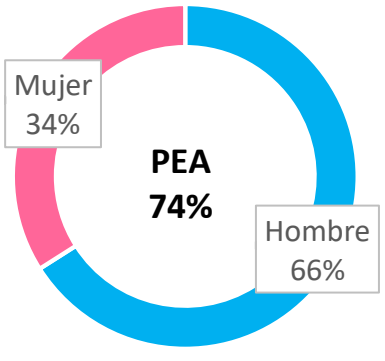


Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Condición económica

Población de 12 años y más, económicamente activa:

Gráfica 127. Población económicamente activa según sexo, Distrito 13



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Tasa de participación económica:

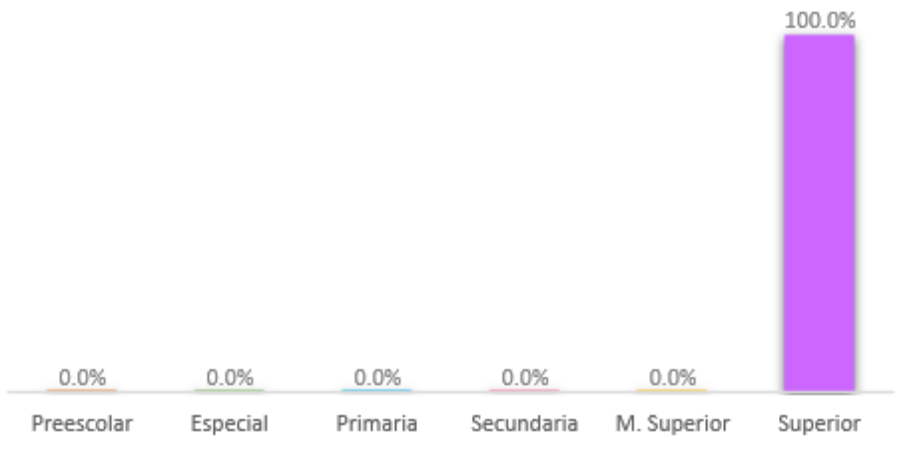
Hombres 93% y Mujeres 52%

Tasa de ocupación *96%*

Infraestructura

Infraestructura educativa *15 aulas*

Gráfica 128. Infraestructura educativa, Distrito 13



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Infraestructura de salud *2*

Tabla 64. Infraestructura de salud, Distrito 13

Consultorios	No.	Consultorios	No.
Generales	0	Hospitales generales	1
Especialidad	0	Clínicas de consultorios	0
Dentales	0	Laboratorios	1
Cuidado de la salud	0	Otros	0

Fuente: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, 2018.

Infraestructura por establecimientos *102*

Tabla 65. Categorías de los establecimientos, Distrito 13

%	Actividad	%	Actividad
56	Comercio al por menor	2	Servicios de reparación y de mantenimiento
18	Servicios de alimentos y bebidas	2	Servicios de salud y asistencia social
11	Servicios personales	2	Servicios inmobiliarios
4	Industrias manufactureras		
4	Servicio de apoyo a los negocios		
2	Servicios financieros y de seguros		

Fuente: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, 2018



Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Programa de Desarrollo Urbano Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, IMPLAN.

Densidad de población

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2010 y las proyecciones de CONAPO, se estima que para el 2018 la población que habita en el distrito 14 es de 803 personas, lo que representa el 0.1% del total de la población de la ciudad de Cancún.

De igual forma, se estima que dicho distrito cuenta con 243 viviendas particulares habitadas; con una superficie de 1,543 hectáreas el cual representa el 3.5% de la superficie total del Centro de Población de Cancún; y está compuesto por 2 supermanzanas; por lo que la densidad seria de:

Tabla 66. Densidad de población, Distrito 14

Distrito 14	
Densidad de población (hab/has):	**0.5**
Superficie (has)	**1,543**
Densidad de Vivienda	**0.2 Viv/ha**
Conformado por:	**2 Smz**

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Programa de Desarrollo Urbano Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, IMPLAN.

Población

Población total *803*

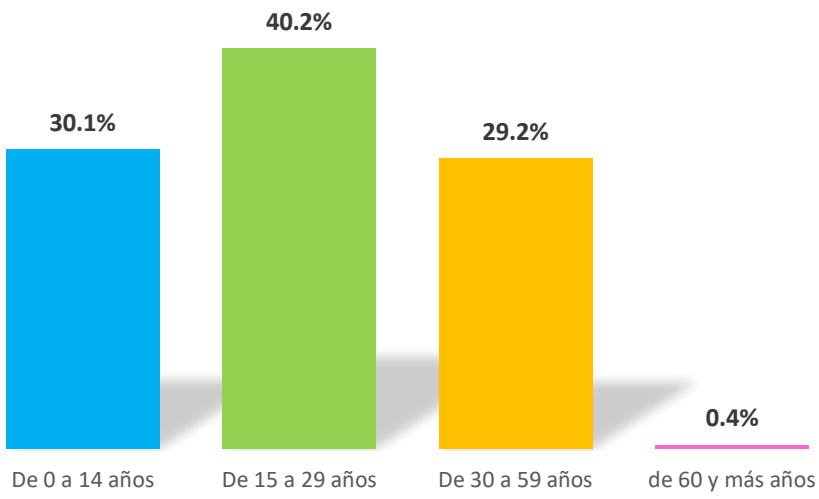
Representa el 0.1% de la población

Composición según sexo

Hombres 51.5% y Mujeres 48.5%

Estructura por edad

Gráfica 129. Composición de la población por edad, Distrito 14



Fuente: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, 2018.

Relación de dependencia *50*

Hay 50 personas dependientes por cada 100 personas productivas

Índice de envejecimiento *12*

Existen 12 personas de 65 años y más por cada 100 menores de 15

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Programa de Desarrollo Urbano Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, IMPLAN.

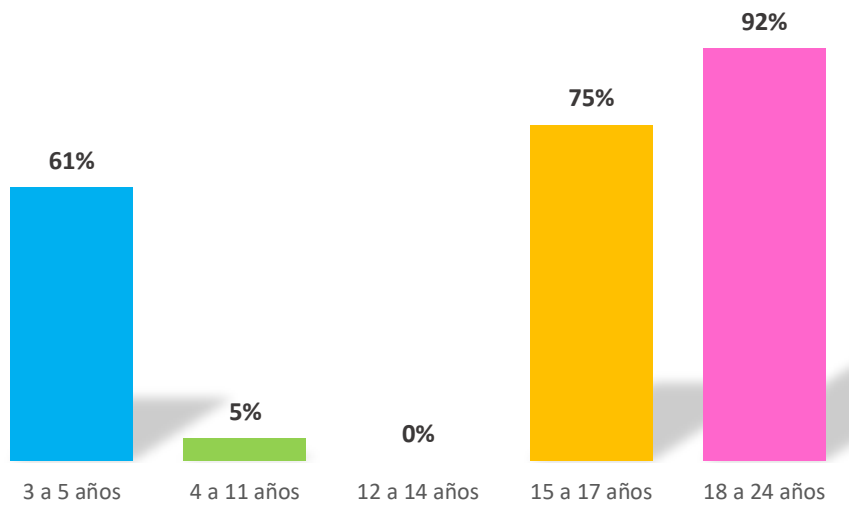
Características sociales

Educación

Tasa de alfabetismo *99.5%*

Tasa de inasistencia escolar por grupo de edad

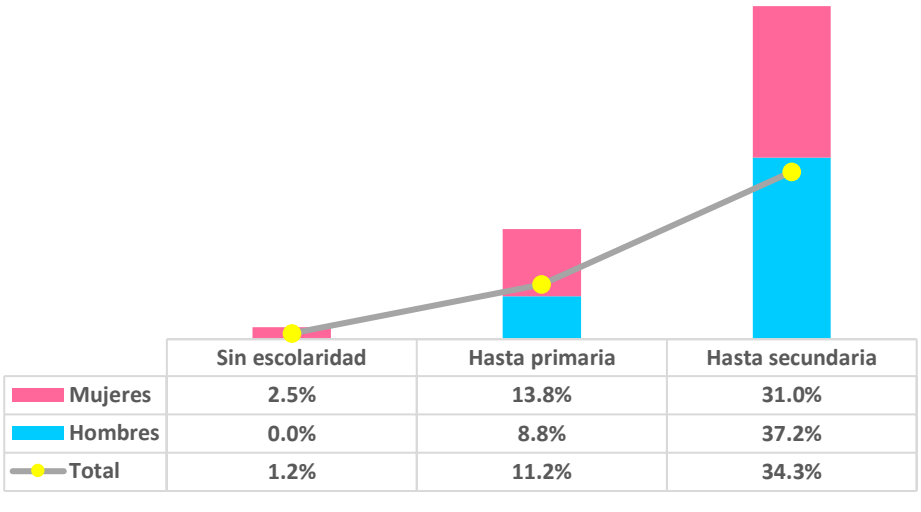
Gráfica 130. Tasa de inasistencia escolar por grupo de edad, Distrito 14



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Población de 15 años y más según escolaridad:

Gráfica 131. Población de 15 años y más según escolaridad, Distrito 14



	Sin escolaridad	Hasta primaria	Hasta secundaria
Mujeres	2.5%	13.8%	31.0%
Hombres	0.0%	8.8%	37.2%
Total	1.2%	11.2%	34.3%

Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

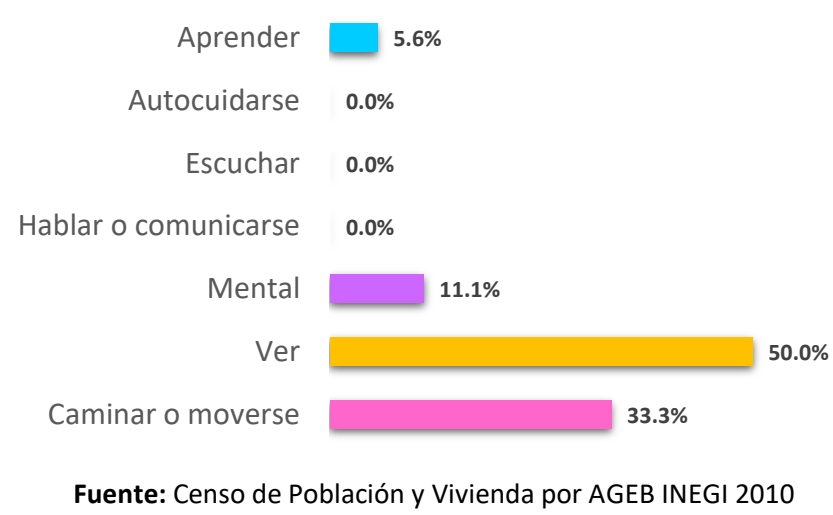
Grado promedio escolar *10.4*

Equivale a poco más del primer año de educación media concluido

Discapacidad

En el distrito, el 2.5% de la población total presenta dificultad o limitación para realizar actividades en su vida cotidiana, tales como:

Gráfica 132. Distribución porcentual de la población con discapacidad por tipo de limitación, Distrito 14



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Etnicidad

Población en hogares indígenas *13%*

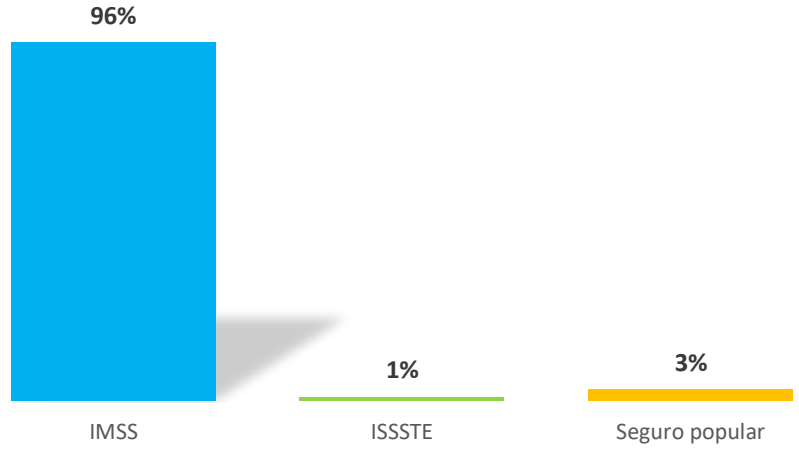
Población de 3 años y más que habla alguna lengua Indígena *7.4%*

La proporción es mayor en el caso de los hombres con 7.6 por 7.1% de las mujeres.

Salud

Población afiliada *78%*

Gráfica 133. Distribución porcentual según condición de afiliación a servicio de salud, Distrito 14



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Características de la vivienda

Viviendas particulares habitadas (Estimadas) *243*

0.3% de las viviendas habitadas del municipio está en el distrito

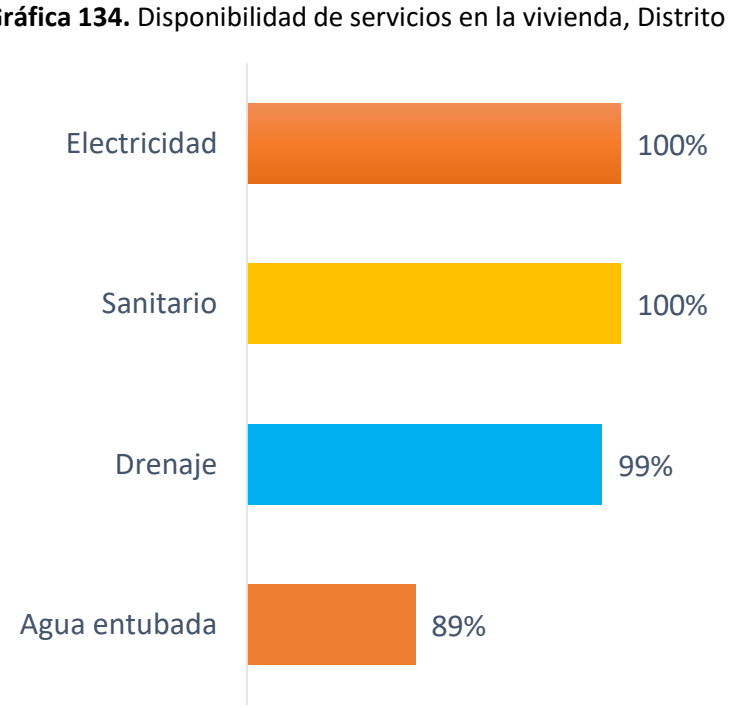
Promedio de ocupantes por vivienda *2.9*

Promedio de ocupantes por cuarto *1.5*

Proporción de viviendas con hacinamiento *31%*

Disponibilidad de servicios en la vivienda

Gráfica 134. Disponibilidad de servicios en la vivienda, Distrito 14

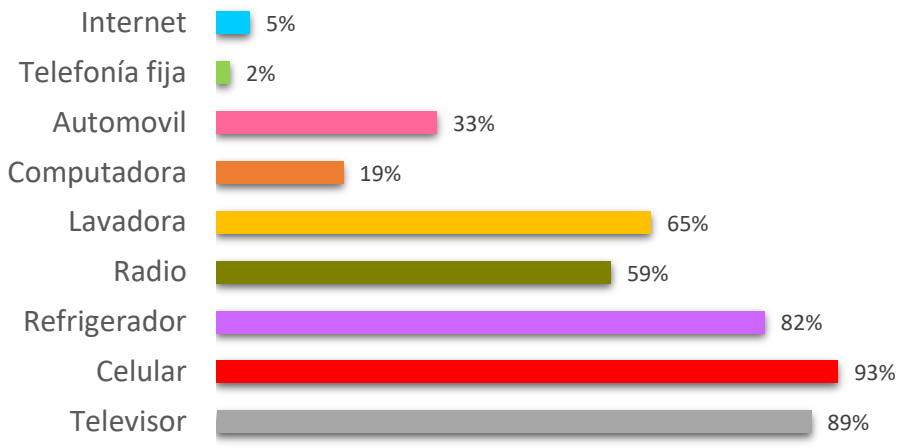


Fuente: Inventario Nacional de Vivienda 2016

Viviendas con recubrimiento en piso *99%*

Viviendas con disponibilidad de bienes

Gráfica 135. Disponibilidad de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la vivienda, Distrito 14

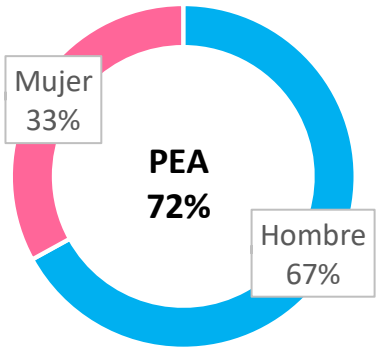


Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Condición económica

Población de 12 años y más, económicamente activa:

Gráfica 136. Población económicamente activa según sexo, Distrito 14



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Tasa de participación económica:

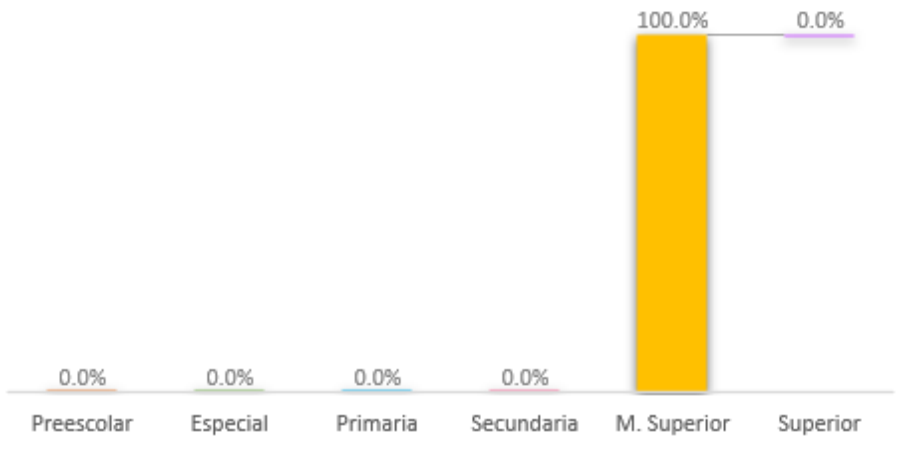
Hombres 90.5% y Mujeres 50%

Tasa de ocupación *94%*

Infraestructura

Infraestructura educativa *20 aulas*

Gráfica 137. Infraestructura educativa, Distrito 14



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Infraestructura de salud *0*

Tabla 67. Infraestructura de salud, Distrito 14

Consultorios	No.	Consultorios	No.
Generales	0	Hospitales generales	0
Especialidad	0	Clínicas de consultorios	0
Dentales	0	Laboratorios	0
Cuidado de la salud	0	Otro	0

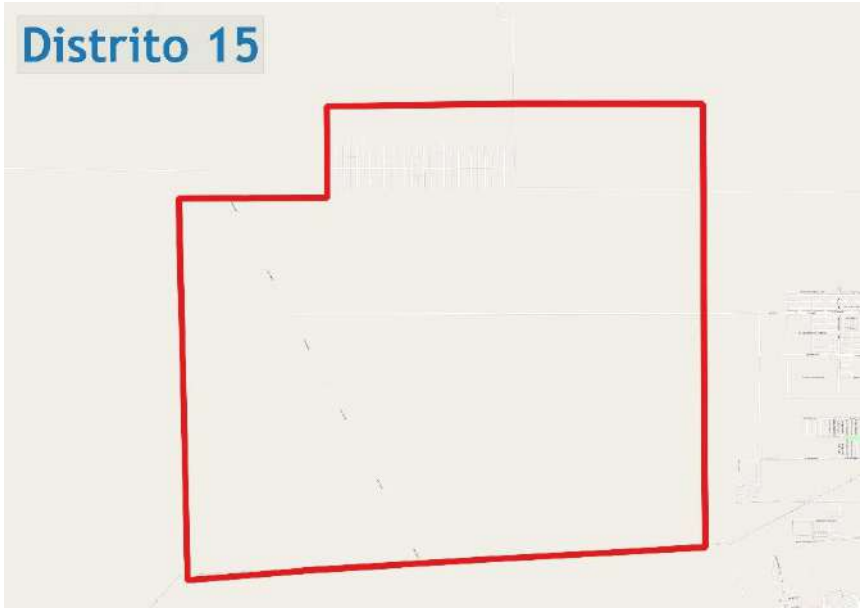
Fuente: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, 2018.

Infraestructura por establecimientos *102*

Tabla 68. Categorías de los establecimientos, Distrito 14

%	Actividad	%	Actividad
61	Comercio al por menor	4	Industrias manufactureras
9	Servicios inmobiliarios	3	Servicios educativos
8	Servicios personales	1	Construcción
5	Servicio de apoyo a los negocios	1	Servicios de entretenimiento
5	Servicios de alimentos y bebidas		
4	Servicios de reparación y de mantenimiento		

Fuente: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, 2018



Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Programa de Desarrollo Urbano Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, IMPLAN.

Densidad de población

Se estima que dicho distrito cuenta con una superficie de 2 mil 573.1 hectáreas el cual representa el 5.8% de la superficie total del Centro de Población de Cancún; y está compuesto por 7 supermanzanas.



Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Programa de Desarrollo Urbano Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, IMPLAN.

Densidad de población

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2010 y las proyecciones de CONAPO, se estima que para el 2018 la población que habita en el distrito 16 es de 8 mil 714 personas, lo que representa el 1% del total de la población de la ciudad de Cancún.

De igual forma, se estima que dicho distrito cuenta con 2 mil 641 viviendas particulares habitadas; con una superficie de 2,592.6 hectáreas el cual representa el 6% de la superficie total del Centro de Población de Cancún; y está compuesto por 15 supermanzanas; por lo que la densidad seria de:

Tabla 69. Densidad de población, Distrito 16

Distrito 16	
Densidad de población (hab/has):	**3.4**
Superficie (has)	**2,592.6**
Densidad de Vivienda	**1 Viv/ha**
Conformado por:	**15 Smz**

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Programa de Desarrollo Urbano Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, IMPLAN.

Población

Población total *8,714*

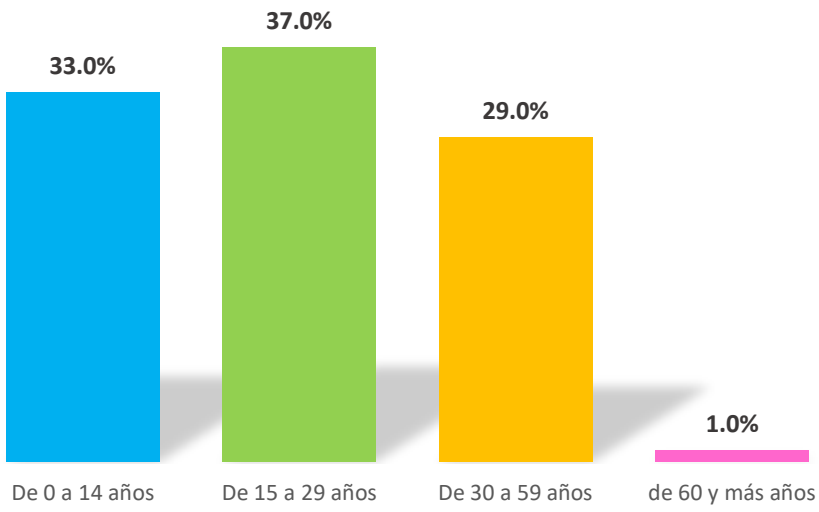
Representa el 1.1% de la población

Composición según sexo

Hombres 51% y Mujeres 49%

Estructura por edad

Gráfica 138. Composición de la población por edad, Distrito 16



Fuente: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, 2018.

Relación de dependencia *50*

Hay 50 personas dependientes por cada 100 personas productivas

Índice de envejecimiento *7*

Existen 7 personas de 65 años y más por cada 100 menores de 15

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Programa de Desarrollo Urbano Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, IMPLAN.

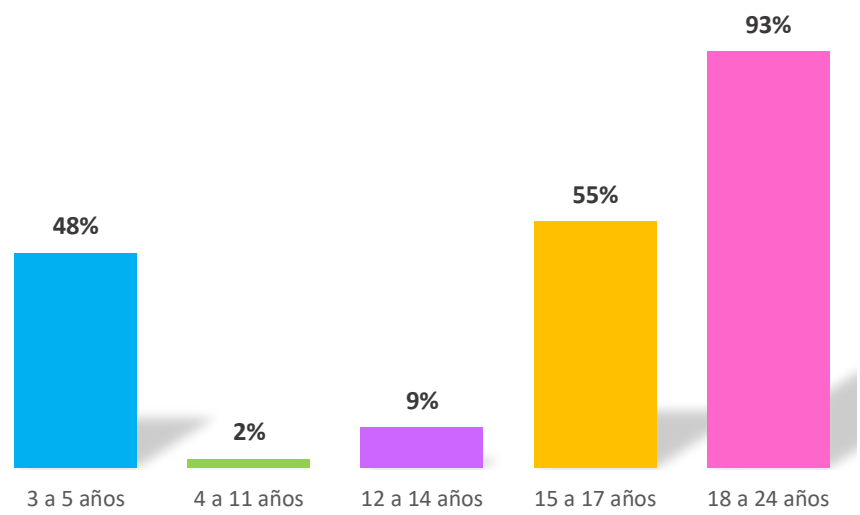
Características sociales

Educación

Tasa de alfabetismo *97%*

Tasa de inasistencia escolar por grupo de edad

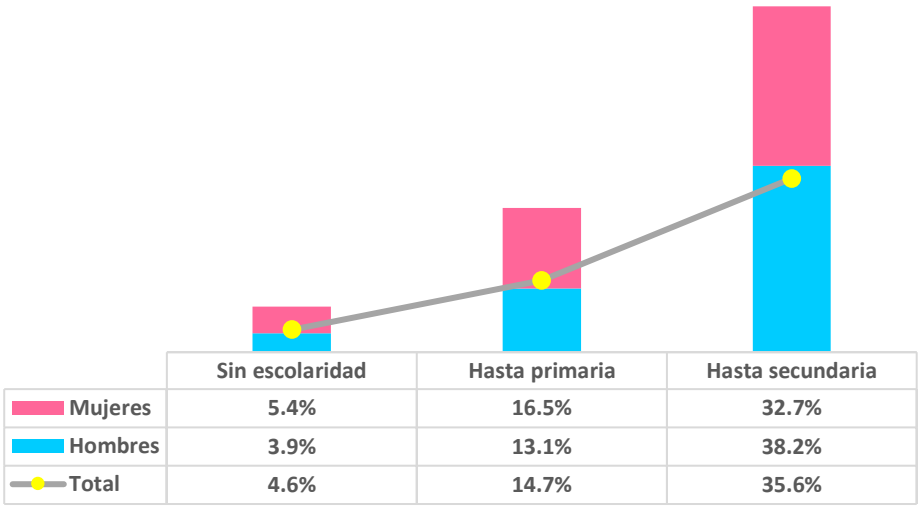
Gráfica 139. Tasa de inasistencia escolar por grupo de edad, Distrito 16



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Población de 15 años y más según escolaridad:

Gráfica 140. Población de 15 años y más según escolaridad, Distrito 16



	Sin escolaridad	Hasta primaria	Hasta secundaria
Mujeres	5.4%	16.5%	32.7%
Hombres	3.9%	13.1%	38.2%
Total	4.6%	14.7%	35.6%

Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

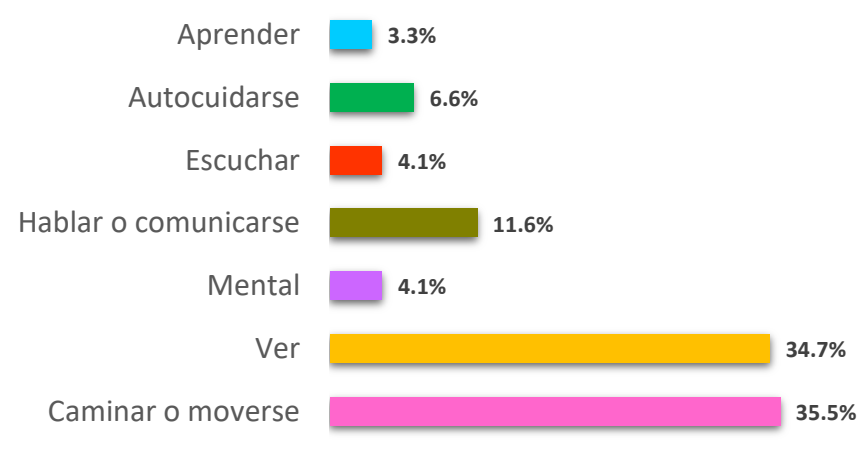
Grado promedio escolar *8.5*

Equivale a poco más del segundo año de secundaria concluido

Discapacidad

En el distrito, el 1.5% de la población total presenta dificultad o limitación para realizar actividades en su vida cotidiana, tales como:

Gráfica 141. Distribución porcentual de la población con discapacidad por tipo de limitación, Distrito 16



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Etnicidad

Población en hogares indígenas *20%*

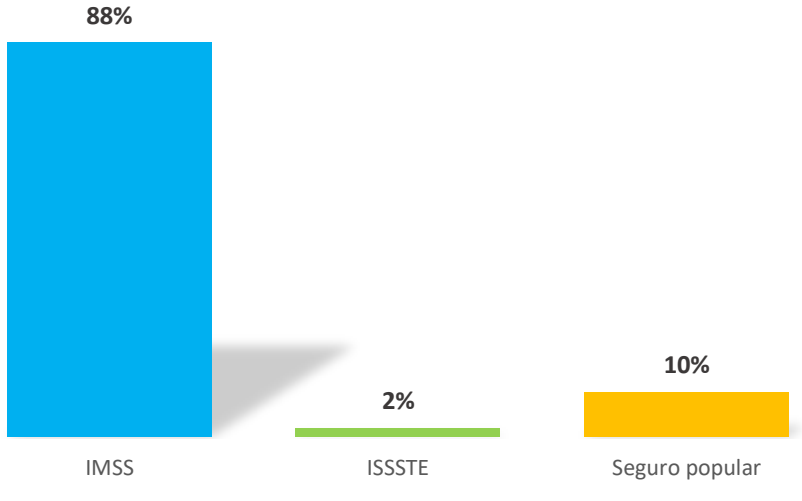
Población de 3 años y más que habla alguna lengua Indígena *10.3%*

La proporción es mayor en el caso de los hombres con 11.4 por 9.2% de las mujeres.

Salud

Población afiliada *72%*

Gráfica 142. Distribución porcentual según condición de afiliación a servicio de salud, Distrito 16



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Características de la vivienda

Viviendas particulares habitadas (Estimadas) *2,641*

0.3% de las viviendas habitadas del municipio está en el distrito

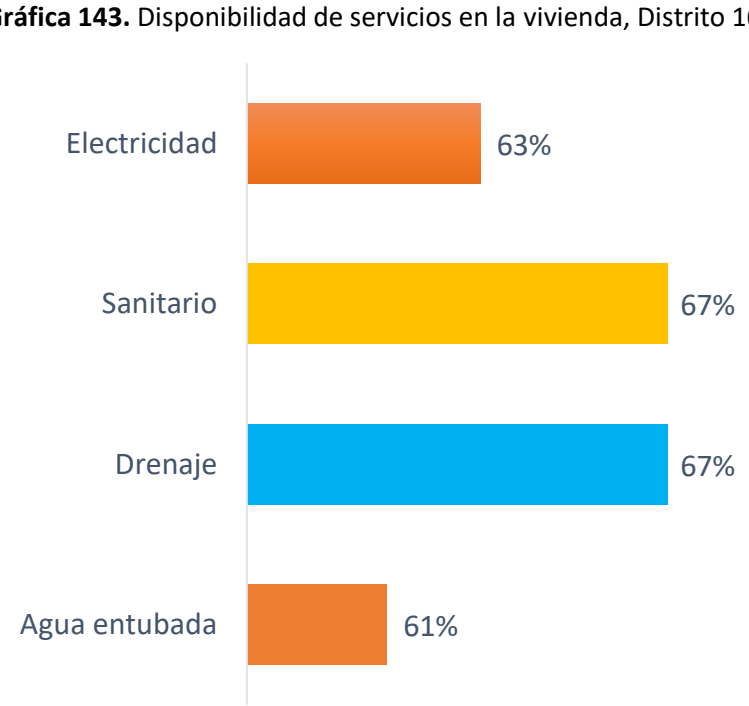
Promedio de ocupantes por vivienda *3.2*

Promedio de ocupantes por cuarto *1.5*

Proporción de viviendas con hacinamiento *4%*

Disponibilidad de servicios en la vivienda

Gráfica 143. Disponibilidad de servicios en la vivienda, Distrito 16

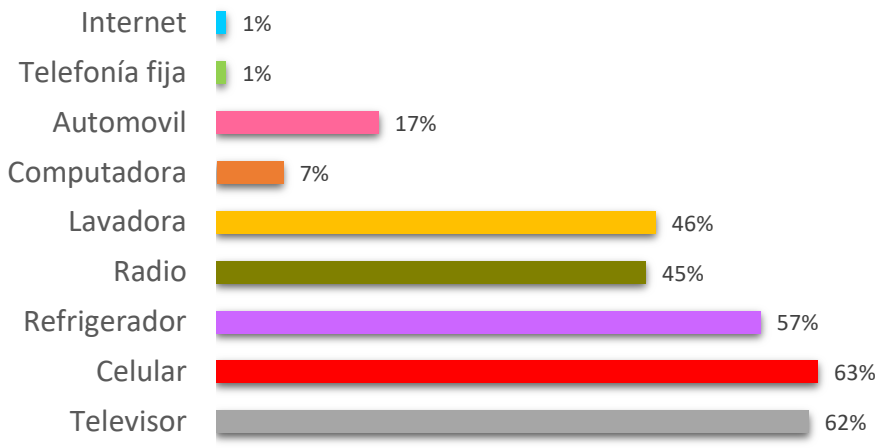


Fuente: Inventario Nacional de Vivienda 2016

Viviendas con recubrimiento en piso *65%*

Viviendas con disponibilidad de bienes

Gráfica 144. Disponibilidad de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la vivienda, Distrito 16

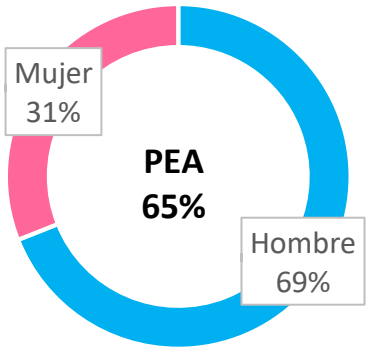


Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Condición económica

Población de 12 años y más, económicamente activa:

Gráfica 145. Población económicamente activa según sexo, Distrito 16



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Tasa de participación económica:

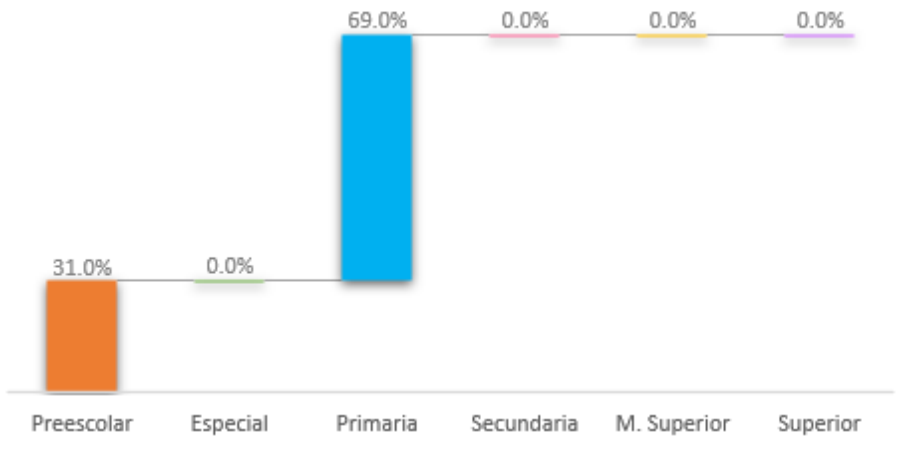
Hombres 85.6% y Mujeres 42%

Tasa de ocupación *96%*

Infraestructura

Infraestructura educativa *58 aulas*

Gráfica 146. Infraestructura educativa, Distrito 16



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Infraestructura de salud *0*

Tabla 70. Infraestructura de salud, Distrito 16

Consultorios	No.	Consultorios	No.
Generales	0	Hospitales generales	0
Especialidad	0	Clínicas de consultorios	0
Dentales	0	Laboratorios	0
Cuidado de la salud	0	Otro	0

Fuente: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, 2018.

Infraestructura por establecimientos *221*

Tabla 71. Categorías de los establecimientos, Distrito 16

%	Actividad	%	Actividad
46	Comercio al por menor	3	Comercio al por mayor
15	Servicios de alimentos y bebidas	2	Servicios inmobiliarios
9	Servicios personales	2	Servicio de apoyo a los negocios
6	Industrias manufactureras	1	Servicios de entretenimiento
5	Servicios educativos	1	Servicio de alojamiento
4	Servicios de reparación y de mantenimiento	1	Construcción
3	Asociaciones y organizaciones	1	Otro

Fuente: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, 2018



Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Programa de Desarrollo Urbano Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, IMPLAN.

Población

Población total *26,564*

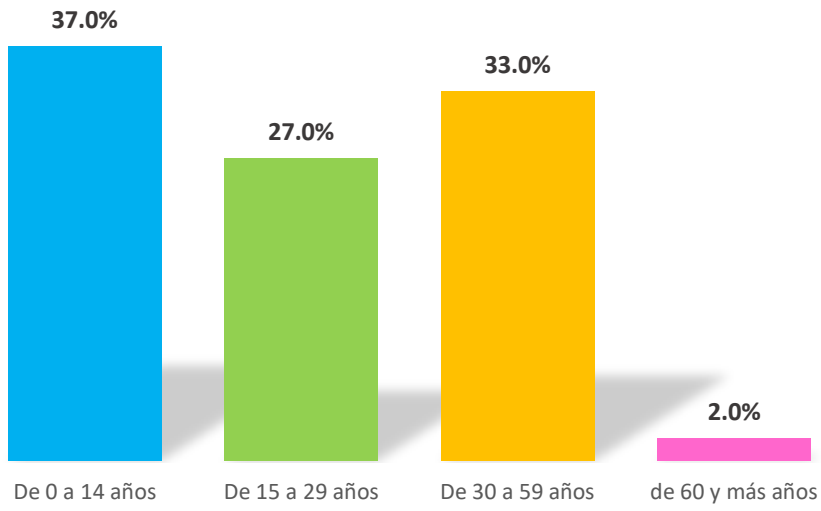
Representa el 3.3% de la población

Composición según sexo

Hombres 52% y Mujeres 48%

Estructura por edad

Gráfica 147. Composición de la población por edad, Distrito 17



Fuente: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, 2018.

Relación de dependencia *62*

Hay 62 personas dependientes por cada 100 personas productivas

Índice de envejecimiento *8*

Existen 8 personas de 65 años y más por cada 100 menores de 15

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Programa de Desarrollo Urbano Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, IMPLAN.

Densidad de población

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2010 y las proyecciones de CONAPO, se estima que para el 2018 la población que habita en el distrito 17 es de 26 mil 564 personas, lo que representa el 3.3% del total de la población de la ciudad de Cancún.

De igual forma, se estima que dicho distrito cuenta con 8,050 viviendas particulares habitadas; con una superficie de 3 mil 569 hectáreas el cual representa el 8.2% de la superficie total del Centro de Población de Cancún; por lo que la densidad seria de:

Tabla 72. Densidad de población, Distrito 17

Distrito 17	
Densidad de población (hab/has):	**7.4**
Superficie (has)	**3,569.1**
Densidad de Vivienda	**2.3 Viv/ha**
Conformado por:	**0 Smz**

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Programa de Desarrollo Urbano Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, IMPLAN.

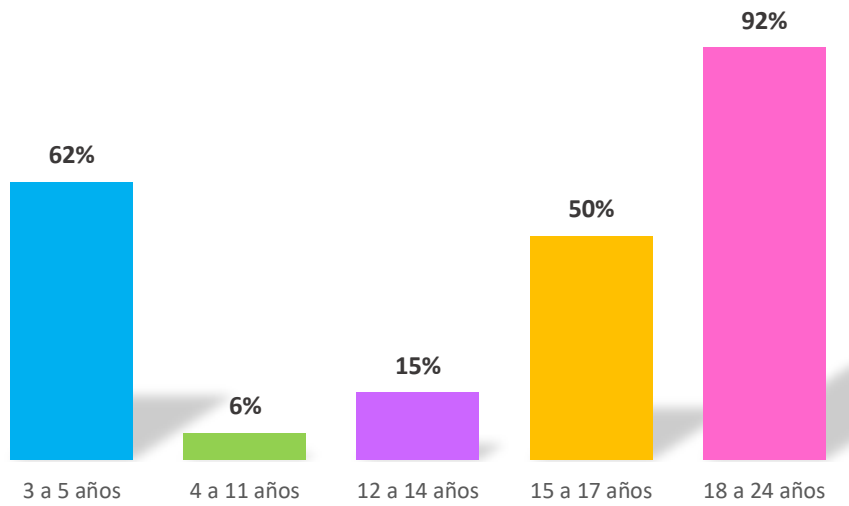
Características sociales

Educación

Tasa de alfabetismo *91%*

Tasa de inasistencia escolar por grupo de edad

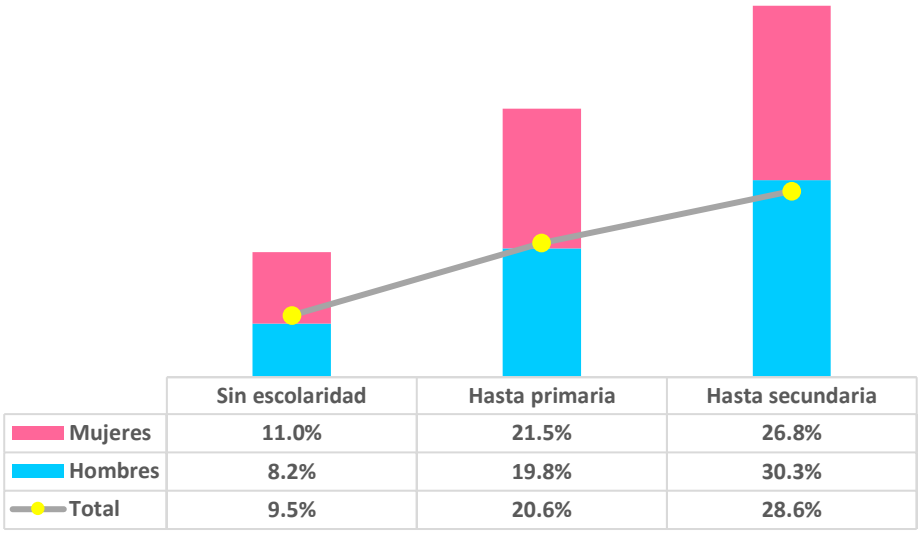
Gráfica 148. Tasa de inasistencia escolar por grupo de edad, Distrito 17



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Población de 15 años y más según escolaridad:

Gráfica 149. Población de 15 años y más según escolaridad, Distrito 17



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

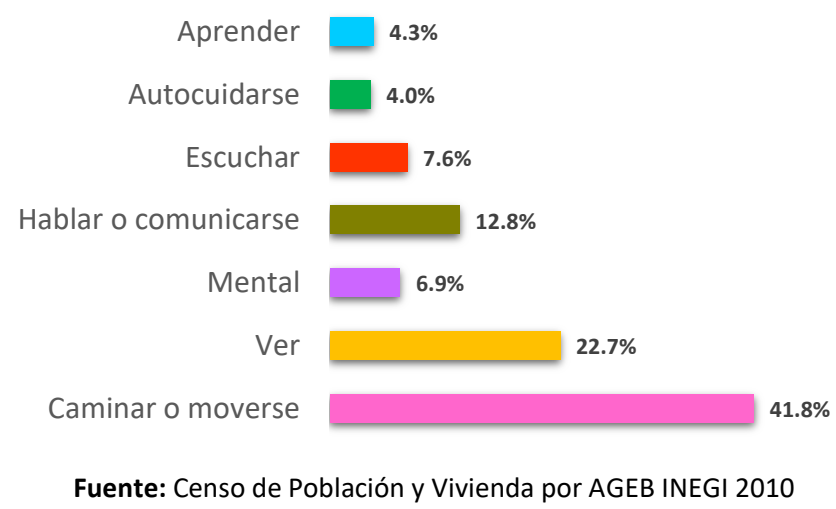
Grado promedio escolar *6.5*

Equivale a poco más de la primaria concluida

Discapacidad

En el distrito, el 3% de la población total presenta dificultad o limitación para realizar actividades en su vida cotidiana, tales como:

Gráfica 150. Distribución porcentual de la población con discapacidad por tipo de limitación, Distrito 17



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Etnicidad

Población en hogares indígenas *27%*

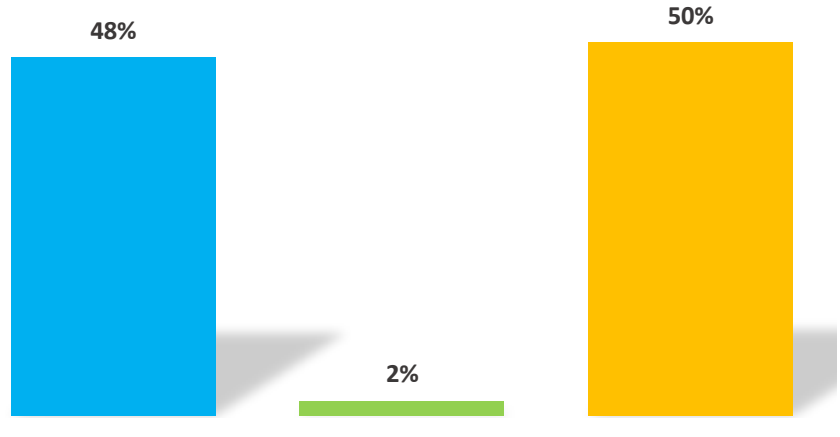
Población de 3 años y más que habla alguna lengua Indígena *12%*

La proporción es mayor en el caso de los hombres con 13% por 11% de las mujeres.

Salud

Población afiliada *54%*

Gráfica 151. Distribución porcentual según condición de afiliación a servicio de salud, Distrito 17



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Características de la vivienda

Viviendas particulares habitadas (Estimadas) *8,050*

0.3% de las viviendas habitadas del municipio está en el distrito

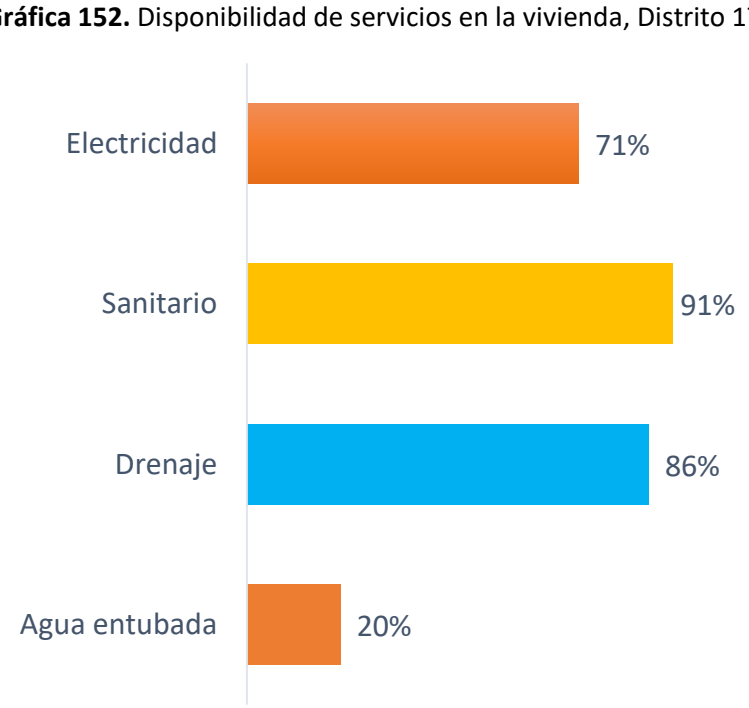
Promedio de ocupantes por vivienda *4*

Promedio de ocupantes por cuarto *2.1*

Proporción de viviendas con hacinamiento *30%*

Disponibilidad de servicios en la vivienda

Gráfica 152. Disponibilidad de servicios en la vivienda, Distrito 17

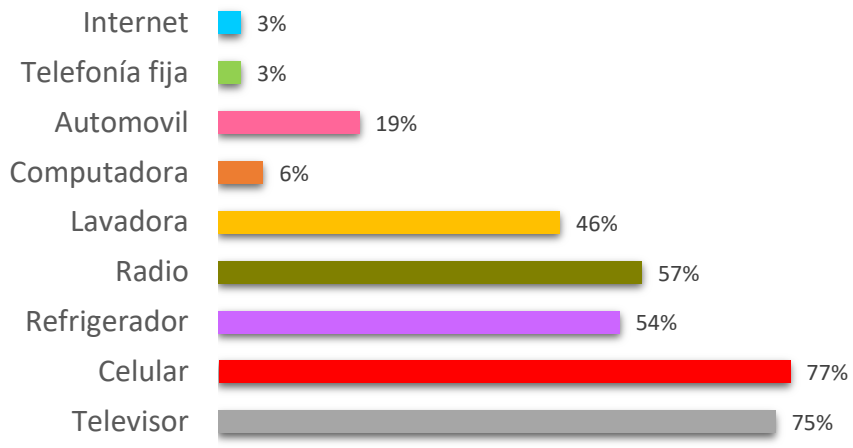


Fuente: Inventario Nacional de Vivienda 2016

Viviendas con recubrimiento en piso *76%*

Viviendas con disponibilidad de bienes

Gráfica 153. Disponibilidad de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la vivienda, Distrito 17

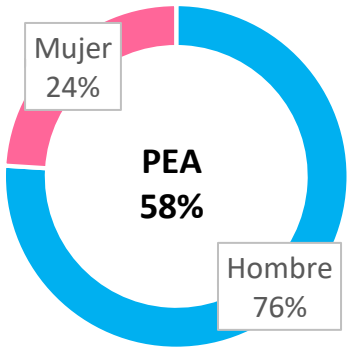


Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Condición económica

Población de 12 años y más, económicamente activa:

Gráfica 154. Población económicamente activa según sexo, Distrito 17



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Tasa de participación económica:

Hombres 83% y Mujeres 29%

Tasa de ocupación *93%*

Infraestructura

Infraestructura educativa *58 aulas*

Gráfica 155. Infraestructura educativa, Distrito 17



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Infraestructura de salud *1*

Tabla 73. Infraestructura de salud, Distrito 17

Consultorios	No.	Consultorios	No.
Generales	1	Hospitales generales	0
Especialidad	0	Clínicas de consultorios	0
Dentales	0	Laboratorios	0
Cuidado de la salud	0	Otro	0

Fuente: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, 2018.

Infraestructura por establecimientos *102*

Tabla 74. Categorías de los establecimientos, Distrito 17

%	Actividad	%	Actividad
49	Comercio al por menor	4	Servicios personales
15	Asociaciones y organizaciones	3	Comercio al por mayor
9	Servicios de alimentos y bebidas	1	Servicio de apoyo a los negocios
7	Industrias manufactureras	1	Servicios inmobiliarios
5	Servicios de reparación y de mantenimiento	2	Otros
4	Servicios educativos		

Fuente: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, 2018



Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Programa de Desarrollo Urbano Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, IMPLAN.

Población

Población total *1,302*

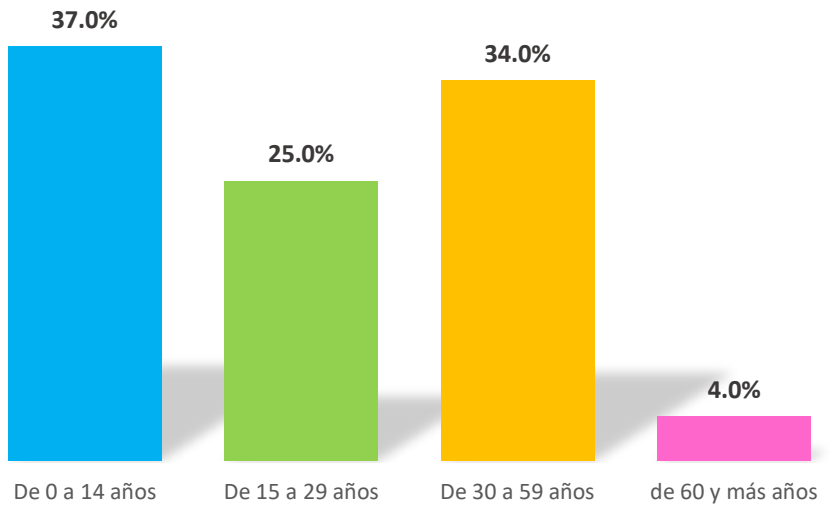
Representa el 0.2% de la población

Composición según sexo

Hombres 54% y Mujeres 46%

Estructura por edad

Gráfica 156. Composición de la población por edad, Distrito 18



Fuente: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, 2018.

Relación de dependencia *58*

Hay 58 personas dependientes por cada 100 personas productivas

Índice de envejecimiento *9*

Existen 9 personas de 65 años y más por cada 100 menores de 15

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Programa de Desarrollo Urbano Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, IMPLAN.

Densidad de población

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2010 y las proyecciones de CONAPO, se estima que para el 2018 la población que habita en el distrito 18 es de 1 mil 302 personas, lo que representa el 0.2% del total de la población de la ciudad de Cancún.

De igual forma, se estima que dicho distrito cuenta con 395 viviendas particulares habitadas; con una superficie de 936 hectáreas el cual representa el 2.1% de la superficie total del Centro de Población de Cancún; por lo que la densidad seria de:

Tabla 75. Densidad de población, Distrito 18

Distrito 18	
Densidad de población (hab/has):	**1.4**
Superficie (has)	**935.8**
Densidad de Vivienda	**0.4 Viv/ha**
Conformado por:	**0 Smz**

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Programa de Desarrollo Urbano Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, IMPLAN.

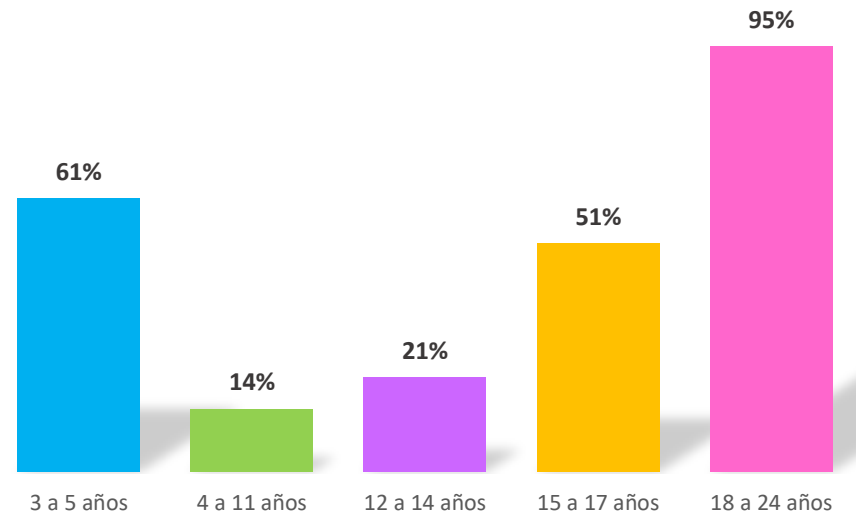
Características sociales

Educación

Tasa de alfabetismo *90%*

Tasa de inasistencia escolar por grupo de edad

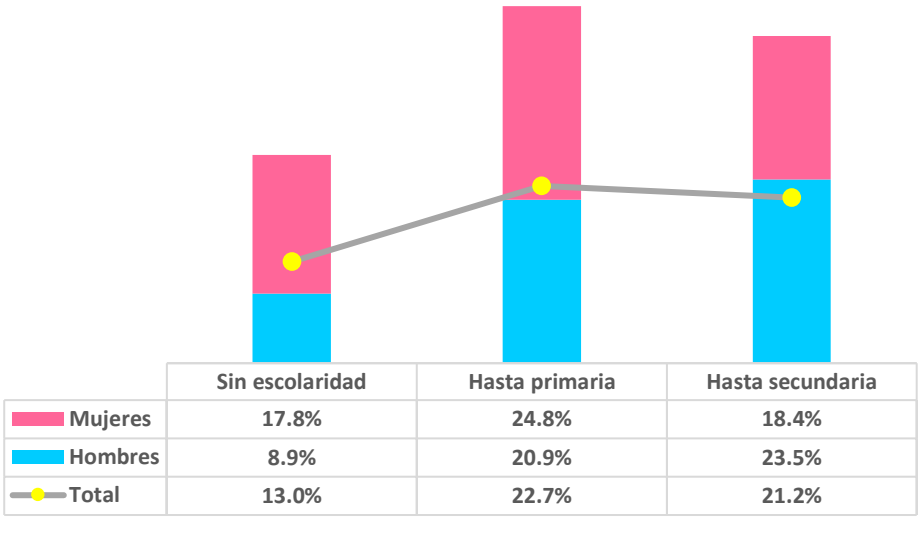
Gráfica 157. Tasa de inasistencia escolar por grupo de edad, Distrito 18



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Población de 15 años y más según escolaridad:

Gráfica 158. Población de 15 años y más según escolaridad, Distrito 18



	Sin escolaridad	Hasta primaria	Hasta secundaria
Mujeres	17.8%	24.8%	18.4%
Hombres	8.9%	20.9%	23.5%
Total	13.0%	22.7%	21.2%

Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

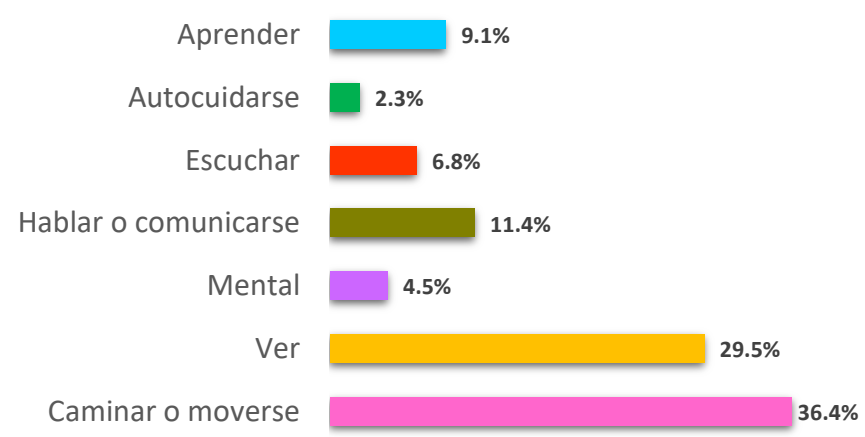
Grado promedio escolar *5.8*

Equivale a poco menos de la primaria concluida

Discapacidad

En el distrito, el 3.2% de la población total presenta dificultad o limitación para realizar actividades en su vida cotidiana, tales como:

Gráfica 159. Distribución porcentual de la población con discapacidad por tipo de limitación, Distrito 18



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Etnicidad

Población en hogares indígenas *36%*

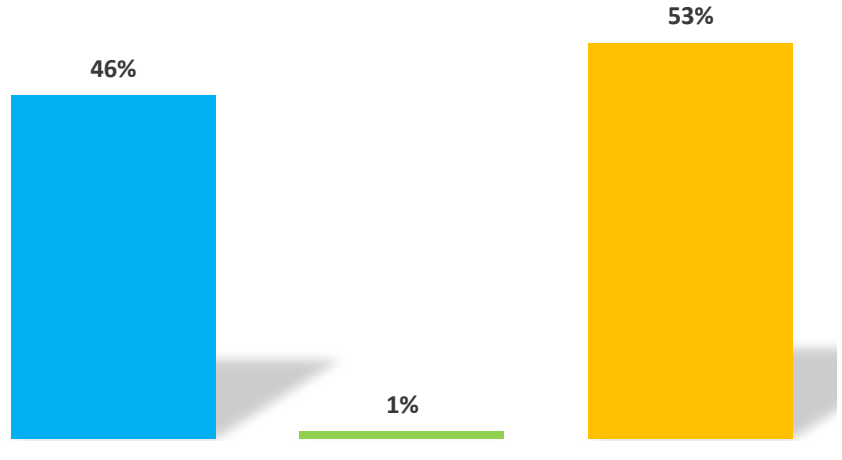
Población de 3 años y más que habla alguna lengua Indígena *15.4%*

La proporción es menor en el caso de los hombres con 14.6% por 16.3% de las mujeres.

Salud

Población afiliada *50%*

Gráfica 160. Distribución porcentual según condición de afiliación a servicio de salud, Distrito 18



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Características de la vivienda

Viviendas particulares habitadas (Estimadas) *395*

0.2% de las viviendas habitadas del municipio está en el distrito

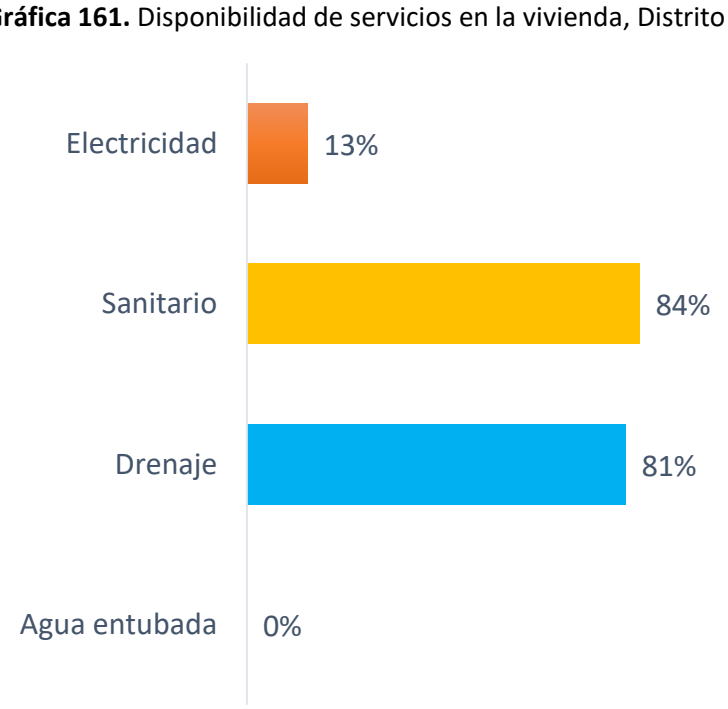
Promedio de ocupantes por vivienda *3.7*

Promedio de ocupantes por cuarto *2.3*

Proporción de viviendas con hacinamiento *36%*

Disponibilidad de servicios en la vivienda

Gráfica 161. Disponibilidad de servicios en la vivienda, Distrito 18

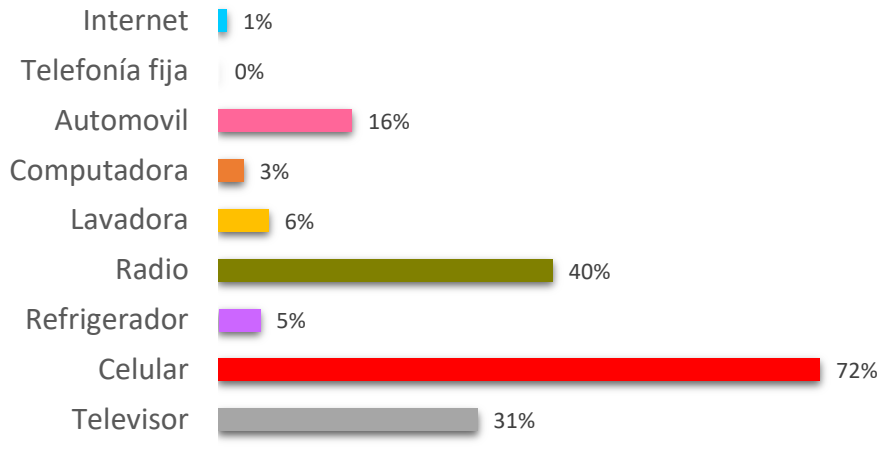


Fuente: Inventario Nacional de Vivienda 2016

Viviendas con recubrimiento en piso *55%*

Viviendas con disponibilidad de bienes

Gráfica 162. Disponibilidad de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la vivienda, Distrito 18

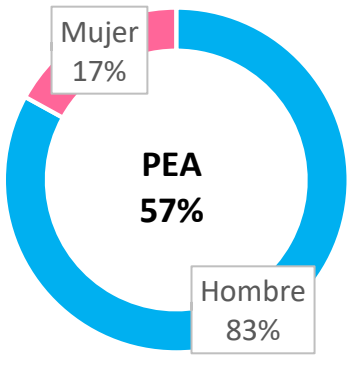


Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Condición económica

Población de 12 años y más, económicamente activa:

Gráfica 163. Población económicamente activa según sexo, Distrito 18



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Tasa de participación económica:

Hombres 86.4% y Mujeres 21.3%

Tasa de ocupación *87.6%*

Infraestructura

Infraestructura educativa *0 aulas*

Tabla 76. Infraestructura educativa

Consultorios	No.	Consultorios	No.
Preescolar	0.0%	Secundaria	0.0%
Especial	0.0%	M. Superior	0.0%
Primaria	0.0%	Superior	0.0%

Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Infraestructura de salud *0*

Tabla 77. Infraestructura de salud, Distrito 18

Consultorios	No.	Consultorios	No.
Generales	0	Hospitales generales	0
Especialidad	0	Clínicas de consultorios	0
Dentales	0	Laboratorios	0
Cuidado de la salud	0	Otro	0

Fuente: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, 2018.

Infraestructura por establecimientos *1*

Tabla 78. Categorías de los establecimientos, Distrito 18

%	Actividad	%	Actividad
0	Comercio al por menor	0	Servicios personales
100	Asociaciones y organizaciones	0	Comercio al por mayor
0	Servicios de alimentos y bebidas	0	Servicio de apoyo a los negocios
0	Industrias manufactureras	0	Servicios inmobiliarios
0	Servicios de reparación y de mantenimiento	0	Otros
0	Servicios educativos		

Fuente: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, 2018



Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Programa de Desarrollo Urbano Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, IMPLAN.

Distribución territorial

Se estima que dicho distrito cuenta con una superficie de 1,004 hectáreas el cual representa el 2.3% de la superficie total del Centro de Población de Cancún; y está compuesto por 7 supermanzanas.



Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Programa de Desarrollo Urbano Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, IMPLAN.

Distribución territorial

Se estima que dicho distrito cuenta con una superficie de 1,233.3 hectáreas el cual representa el 2.8% de la superficie total del Centro de Población de Cancún; corresponde al aeropuerto internacional de Cancún.



Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Programa de Desarrollo Urbano Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, IMPLAN.

Distribución territorial

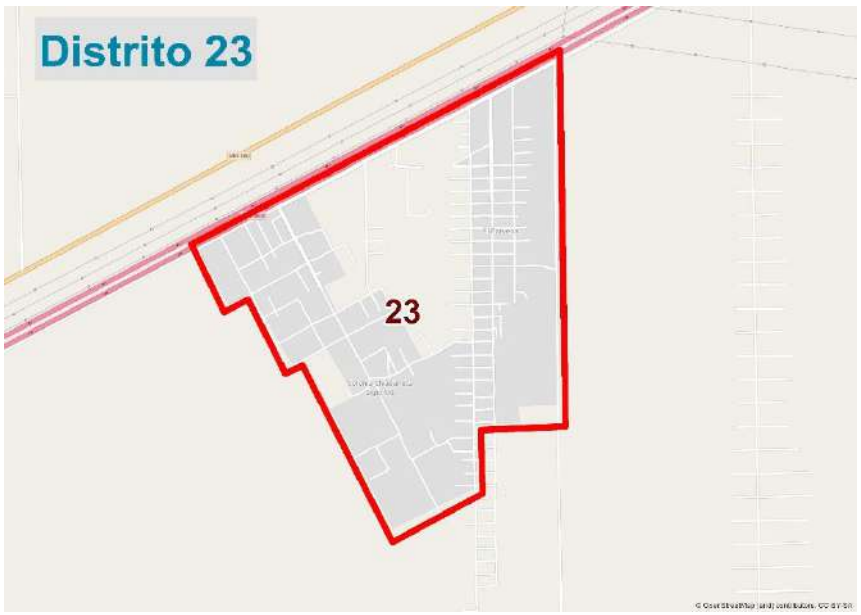
Se estima que dicho distrito cuenta con una superficie de 2 mil 257.2 hectáreas el cual representa el 5.2% de la superficie total del Centro de Población de Cancún.



Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Programa de Desarrollo Urbano Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, IMPLAN.

Distribución territorial

Se estima que dicho distrito cuenta con una superficie de 4 mil 541 hectáreas el cual representa el 10.4% de la superficie total del Centro de Población de Cancún.

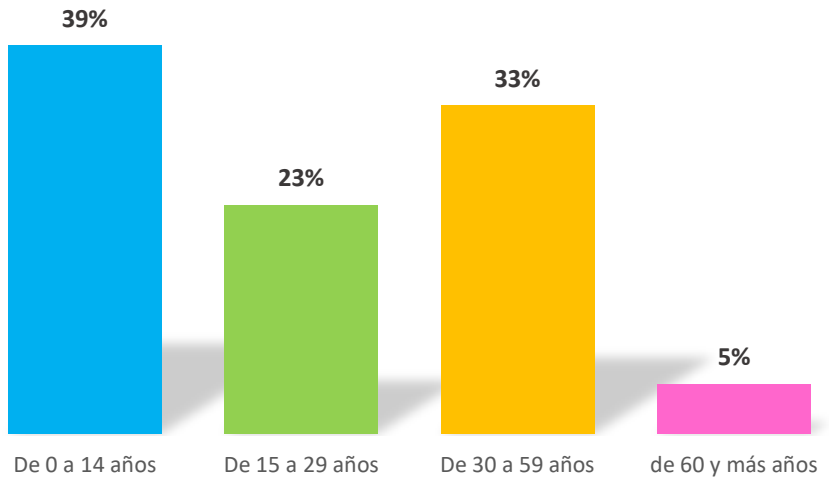


Población

Población total	780
Composición según sexo	*Hombres 52% y Mujeres 48%*

Estructura por edad

Gráfica 164. Composición de la población por edad



Fuente: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, 2018.

Índice de envejecimiento	13

Existen 13 personas de 60 años y más por cada 100 menores de 15

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Programa de Desarrollo Urbano Benito Juárez, Quintana Roo 2018-2030, IMPLAN.

Densidad de población

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2010 y las proyecciones de CONAPO, se estima que para el 2018 la población que habita en el distrito 23 es de 958 personas, lo que representa 0.1% del total de la población de la ciudad de Cancún.

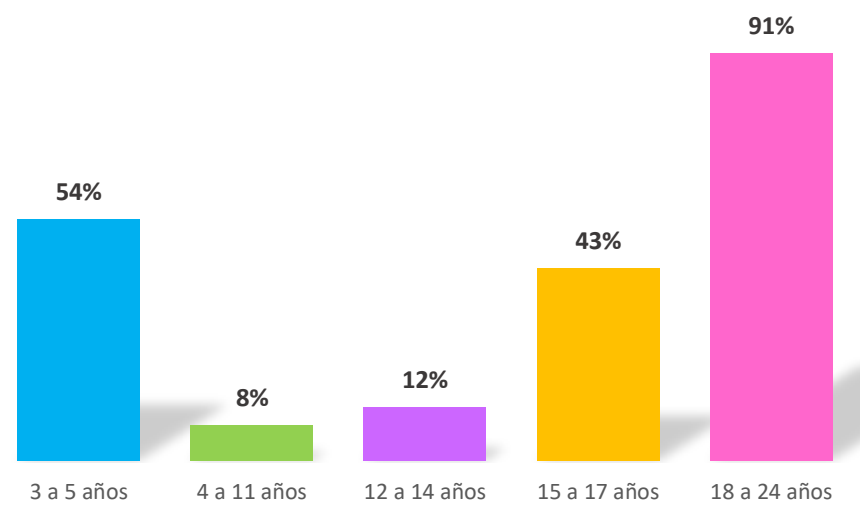
De igual forma, se estima que dicho distrito cuenta con 205 viviendas particulares habitadas.

Características sociales

Educación

Tasa de alfabetismo	88%
Tasa de inasistencia escolar por grupo de edad	

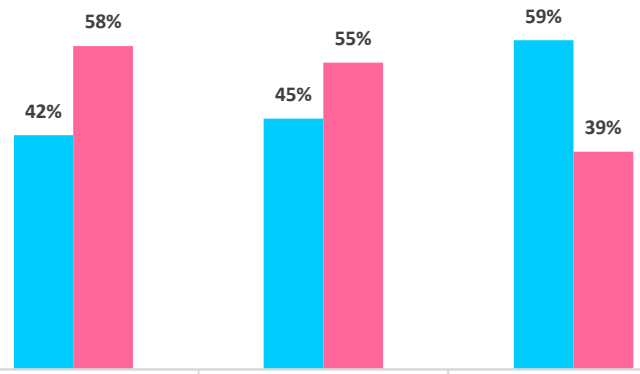
Gráfica 165. Tasa de inasistencia escolar por grupo de edad



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Población de 15 años y más según escolaridad:

Gráfica 166. Población de 15 años y más según escolaridad



	Sin escolaridad	Hasta primaria	Hasta secundaria
Hombres	42%	45%	59%
Mujeres	58%	55%	39%

Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

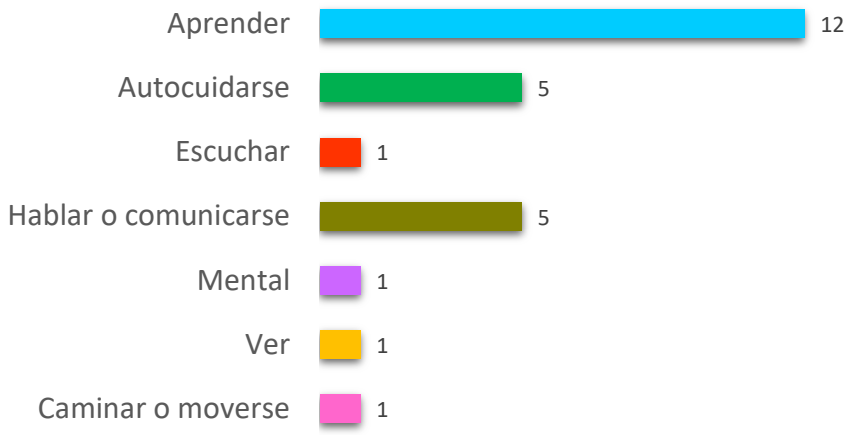
Grado promedio escolar	11.2

Equivale a la secundaria concluida

Discapacidad

En el distrito, 2.7% personas presentan dificultad o limitación para realizar actividades en su vida cotidiana, tales como:

Gráfica 167. Distribución porcentual de la población con discapacidad por tipo de limitación



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Etnicidad

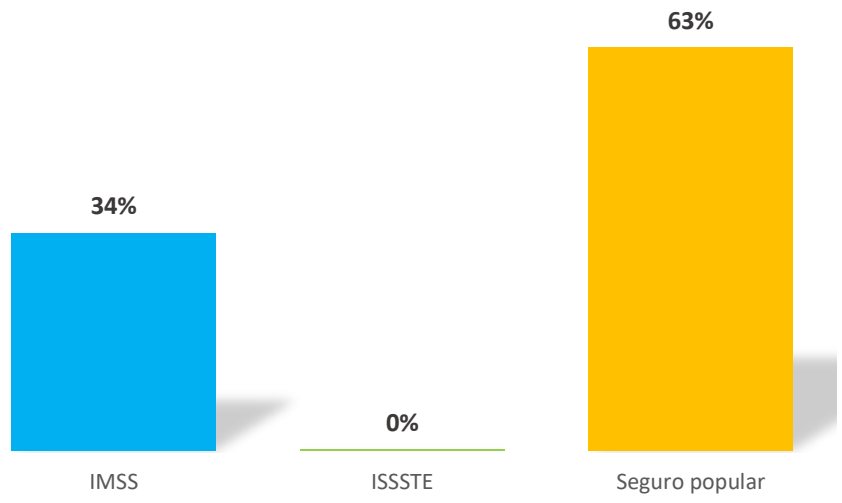
Población en hogares indígenas	18%
Población de 3 años y más que habla alguna lengua Indígena	7%

La proporción es mayor en los hombres con 52%, por 48% de las Mujeres.

Salud

Población afiliada	52%

Gráfica 168. Distribución porcentual según condición de afiliación a servicio de salud



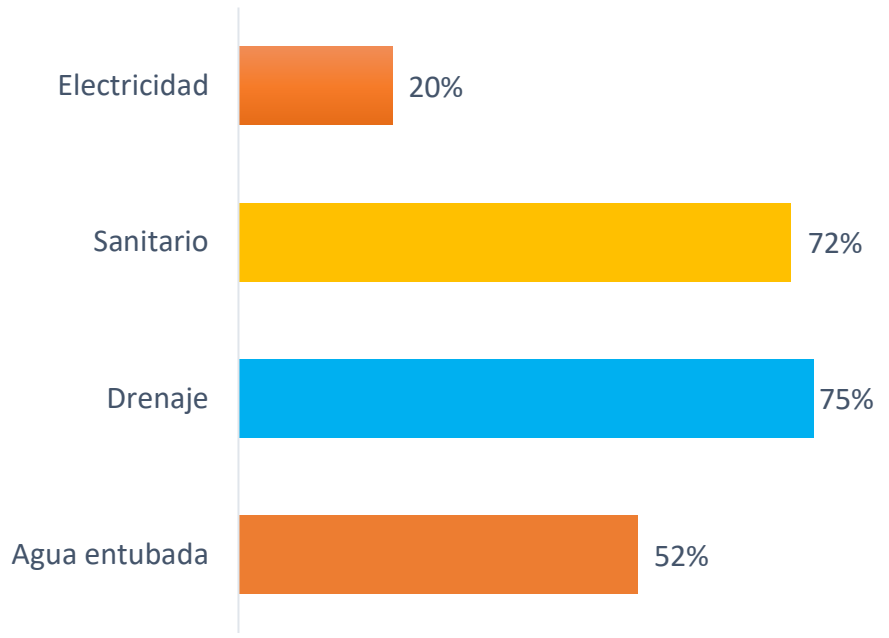
Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Características de la vivienda

Viviendas particulares habitadas *(Estimadas)*	205
Promedio de ocupantes por vivienda	7.78
Promedio de ocupantes por cuarto	5.19

Disponibilidad de servicios en la vivienda

Gráfica 169. Disponibilidad de servicios en la vivienda

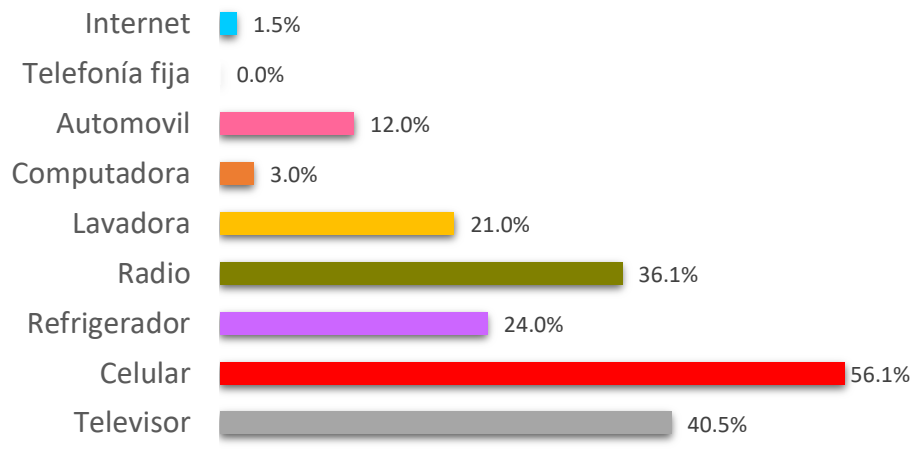


Fuente: Inventario Nacional de Vivienda 2016

Viviendas con recubrimiento en piso	61%

Viviendas con disponibilidad de bienes

Gráfica 170. Disponibilidad de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la vivienda

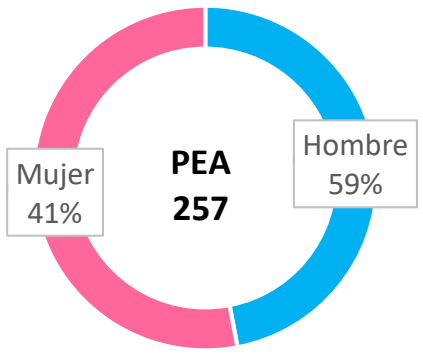


Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Condición económica

Población de 12 años y más, económicamente activa:

Gráfica 171. Población económicamente activa según sexo

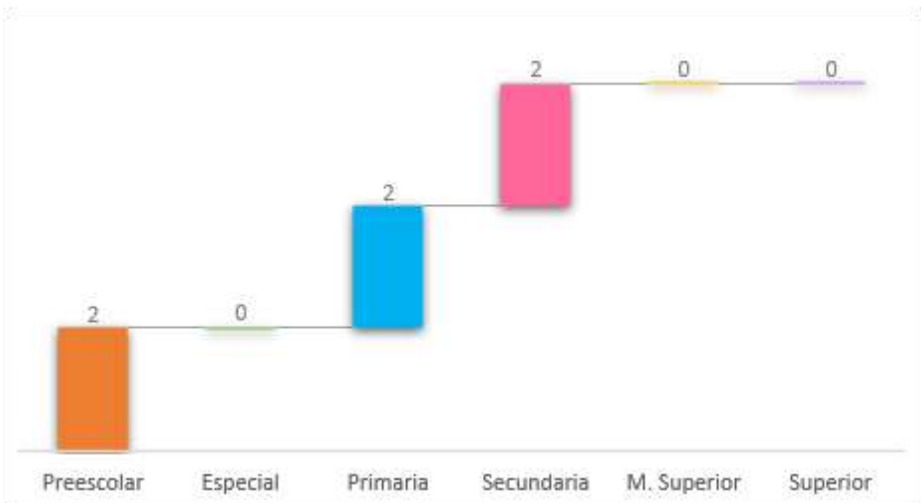


Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Infraestructura

Infraestructura educativa 6 aulas

Gráfica 172. Infraestructura educativa



Fuente: Censo de Población y Vivienda por AGEB INEGI 2010

Infraestructura de salud 0

Tabla 79. Infraestructura de salud

Consultorios	No.	Consultorios	No.
Generales	0	Hospitales generales	0
Especialidad	0	Hospitales especialidad	0
Dentales	0	Laboratorios	0
Cuidado de la salud	0	Otros servicios	0

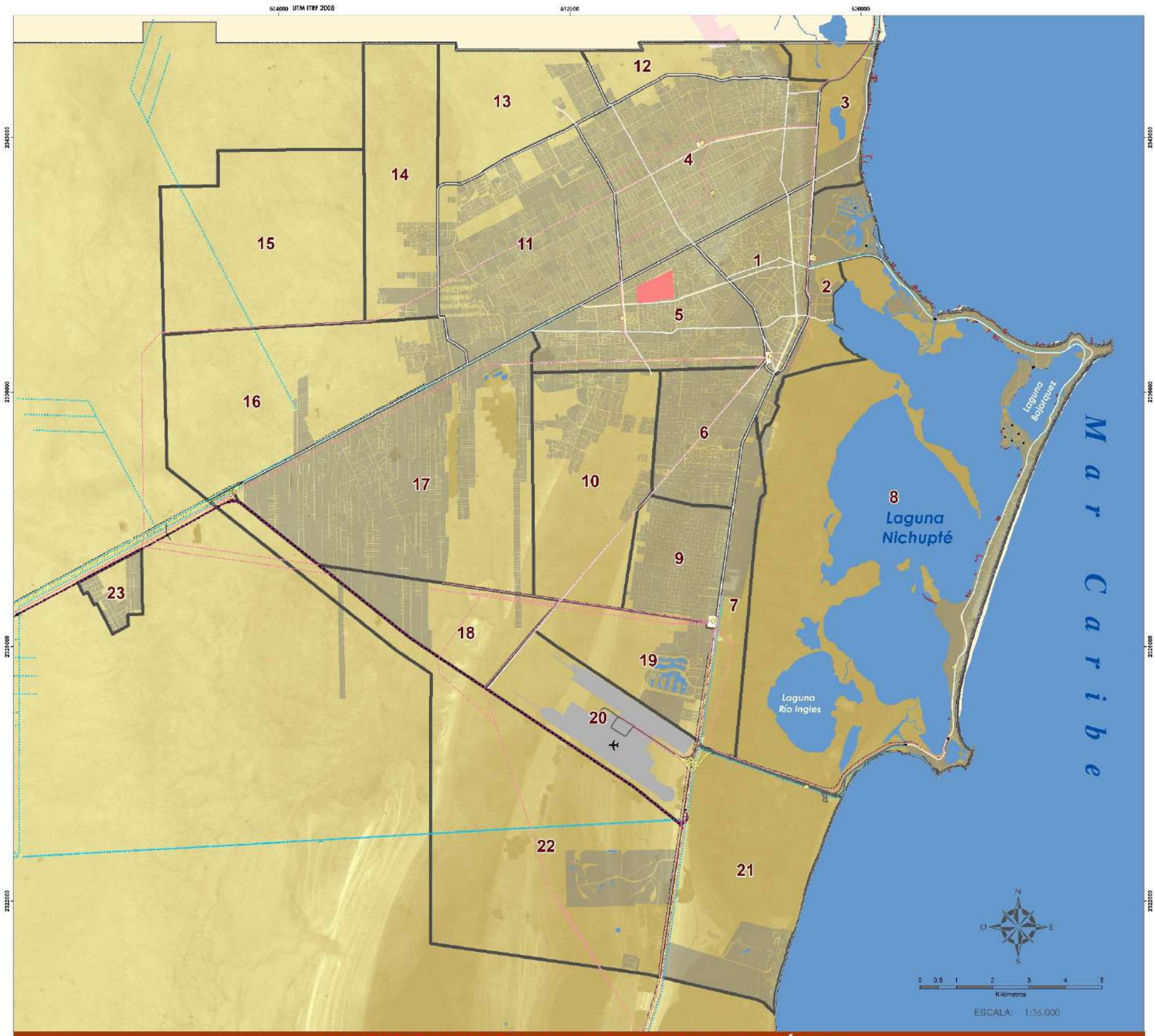
Fuente: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, 2018.

Infraestructura por establecimientos 226

Tabla 80. Categorías de los establecimientos

No.	Actividad	No.	Actividad
0	Servicios profesionales y técnicos	6	Servicios educativos
0	Servicios de alojamiento y alimentos	1	Servicios de salud y asistencia social
0	Servicios inmobiliarios	0	Servicios de entretenimiento
17	Comercio al por menor	0	Industrias manufactureras
0	Servicio de apoyo a los negocios	0	Información en medios masivos
0	Servicios financieros y de seguros	0	Distribución de energía y agua
0	Servicios legislativos y gubernamentales	0	Comercio al por mayor
0	Construcción	9	Otros

Fuente: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, 2018



I.6.1 DISTRITOS DEL MUNICIPO DE BENITO JUÁREZ

SIMBOLOGÍA

Localidades urbanas
- Municipio de Benito Juárez
- Otros municipios

Límites
- Municipio Benito Juárez
- Otros Municipios

Vias de comunicación
- Federal
- Estatal
- Cuota
- Av Principales

Infraestructura
- Acueducto
- Línea de transmisión
- Líneas de comunicación
- Puentes
- Instalación portuaria
- Subestación eléctrica
- Aeropuerto
- Zona industrial

Rasgos hidrográficos
- Cuerpo de agua
- Corriente de agua

- Distrito del municipio de Benito Juárez

LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ EN EL CONTEXTO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN



ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO 2018

Elaborado por:

Universidad de Quintana Roo | División de Ciencias e Ingeniería

CIG Centro de Información Geográfica

Fuente:
Red Hidrográfica escala 1:50, 000. Edición 2. INEGI. Cartas topográficas del INEGI. Escala 1:250, 000 y 1:50, 000. Elaboración propia con base a los Distritos del PDU y sus variables.

Diciembre 2018

FASE II. IDENTIFICACIÓN DE LA SUCEPTIBILIDAD Y LOS PELIGROS ANTE FENÓMENOS PERTURBADORES DE ORIGEN NATURAL

2.1 Fenómenos Geológicos

Los fenómenos geológicos son procesos naturales derivados de la interacción entre el núcleo, el manto y la corteza terrestre. A través de éstos se libera la energía acumulada en el centro de la Tierra. La mayoría son producidos por los movimientos y actividad de la corteza, tales como: sismos, vulcanismo, tsunamis o maremotos, inestabilidad de laderas, flujos, derrumbes, hundimientos, subsidencia y agrietamientos.

Los peligros geológicos son los que causan mayores catástrofes naturales y con el fin de poder actuar de forma preventiva y minimizar el impacto de estos peligros tanto de las personas como de bienes, es necesario conocer su comportamiento y su distribución en el territorio.

Vulcanismo

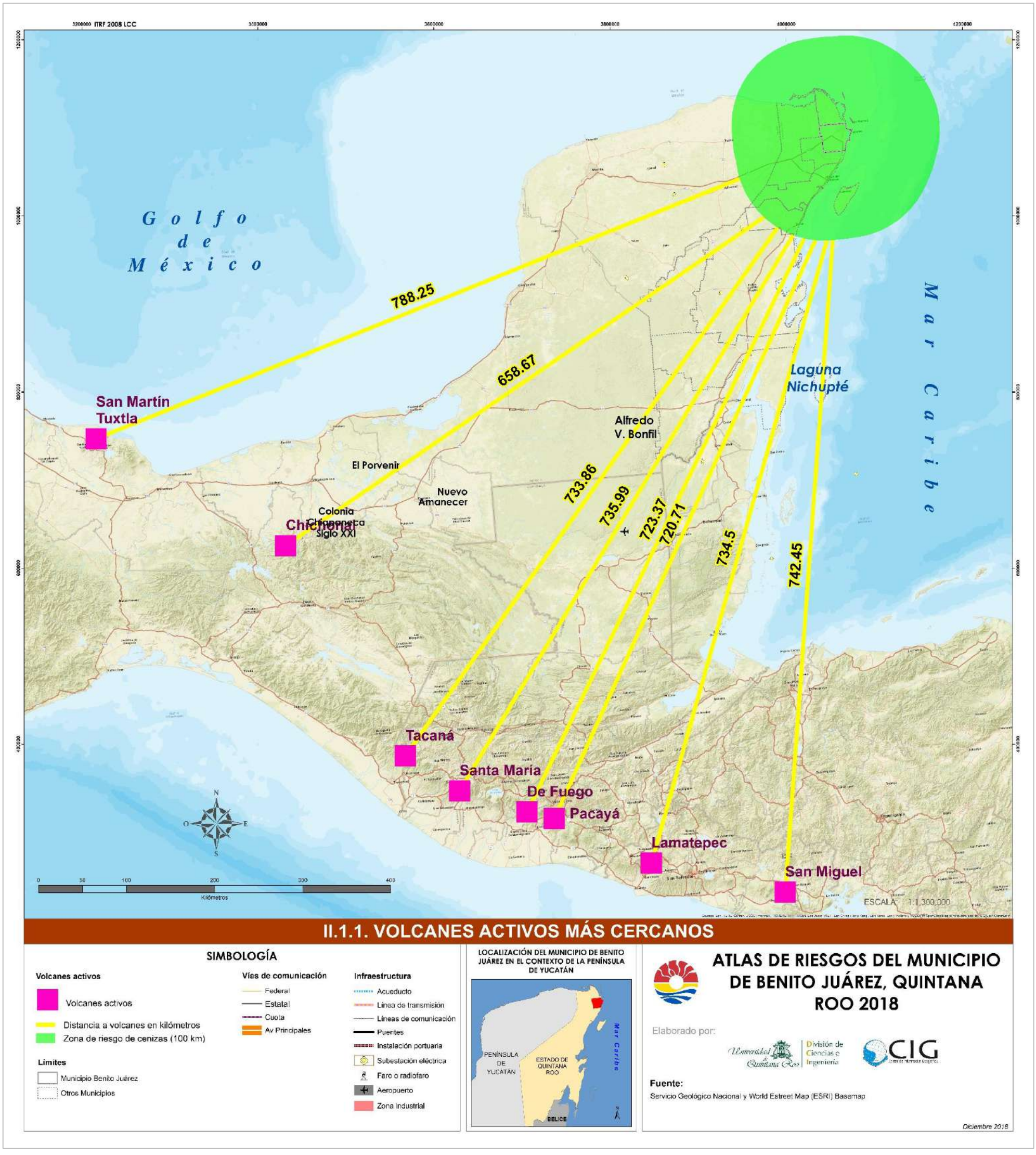
Anualmente se registran alrededor de 50 erupciones volcánicas en alguno de los 600 volcanes activos de los que se tiene registro a nivel mundial (CENAPRED, 2014). En México la tasa de erupciones por siglo durante los pasados 500 años ha sido de 15, con diferentes magnitudes (CENAPRED, 2014). Algunas de estas erupciones han sido muy destructivas, tal como lo fue la erupción del volcán El Chichón (Chichonal) en 1982. Este volcán, ubicado en el estado de Chiapas, emitió una columna que alcanzó los 24 kilómetros de altura y 100 km de radio, dejando más de 2,000 víctimas y 20,000 damnificados. La última erupción registrada para los volcanes activos cercanos al municipio es la que ocurrió el 3 de junio de 2018 en el volcán de fuego, ubicado en Guatemala. Esta erupción emitió una columna de ceniza que alcanzó los 17 kilómetros de altura. Es considerada la más violenta en 40 años para este volcán dejando más de 300 víctimas y 1.7 millones de damnificados.

Existe registro de 2,000 volcanes en México, de los cuales 15 tiene el carácter de volcanes activos. Los volcanes activos son aquellos que han registrado un episodio eruptivo los últimos 10,000 años. A continuación, se presentan la lista y mapa de los volcanes más cercanos al municipio de Benito Juárez, Quintana Roo (Tabla 81):

Tabla 81. Volcanes activos en la región sureste de México y norte de Centroamérica

Volcán	Distancia al municipio (km)
San Martín Tuxtla	817.065
El Chichón (Chichonal)	683.251
Tacaná	757.103
Santa María	758.808
De Fuego	727.752
Pacayá	739.49
Santa Ana	742.361
San Miguel	733.755

Fuente: Elaboración propia



II.1.1. VOLCANES ACTIVOS MÁS CERCANOS

SIMBOLOGÍA

Volcanes activos
- Volcanes activos
- Distancia a volcanes en kilómetros
- Zona de riesgo de cenizas (100 km)

Límites
- Municipio Benito Juárez
- Otros Municipios

Vías de comunicación
- Federal
- Estatal
- Cuota
- Av Principales

Infraestructura
- Acueducto
- Línea de transmisión
- Líneas de comunicación
- Puentes
- Instalación portuaria
- Subestación eléctrica
- Faro o radiofaro
- Aeropuerto
- Zona industrial

LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ EN EL CONTEXTO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO 2018

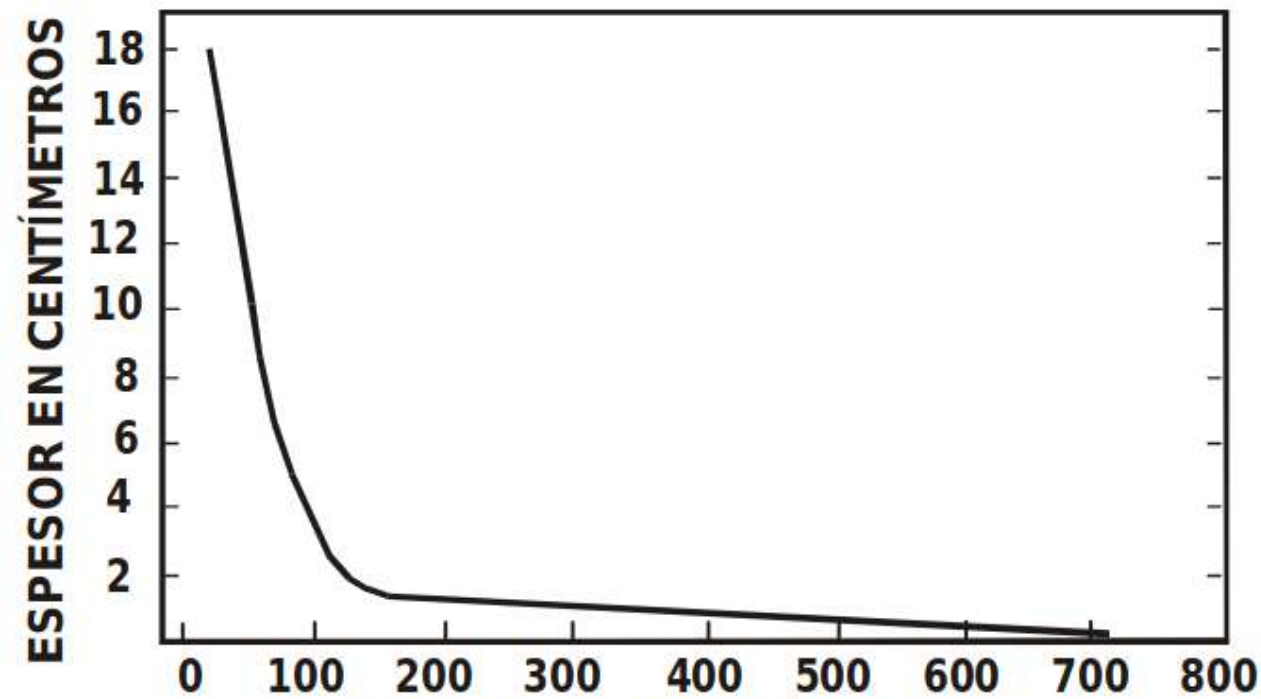
Elaborado por:
Universidad de Quintana Roo | División de Ciencias e Ingeniería
CIG

Fuente:
Servicio Geológico Nacional y World Estreet Map (ESRI) Basemap

Diciembre 2018

Aunque los peligros de una erupción volcánica son varios (flujos de lodo, flujos piroclásticos, flujos de lava, colapso del aparto volcánico, deslizamientos y caída de cenizas), debido a la lejanía de los volcanes activos al municipio el mayor efecto adverso tendría que ser la caída de ceniza, que es el peligro de mayor alcance ya que las cenizas una vez que alcanzan la estratosfera (11 kms) pueden ser transportadas a miles de kilómetros de su origen (gráfica 173)ocasionando daño en la salud de personas y animales, colapsar techos (tienen una densidad de 70 kg/m² secas y de 120 kg/m² húmedas) y afectar cultivos. De acuerdo con CENAPRED (2014), el peso de una capa de cenizas de 3 cms de espesor puede hacer colapsar un techo endeble.

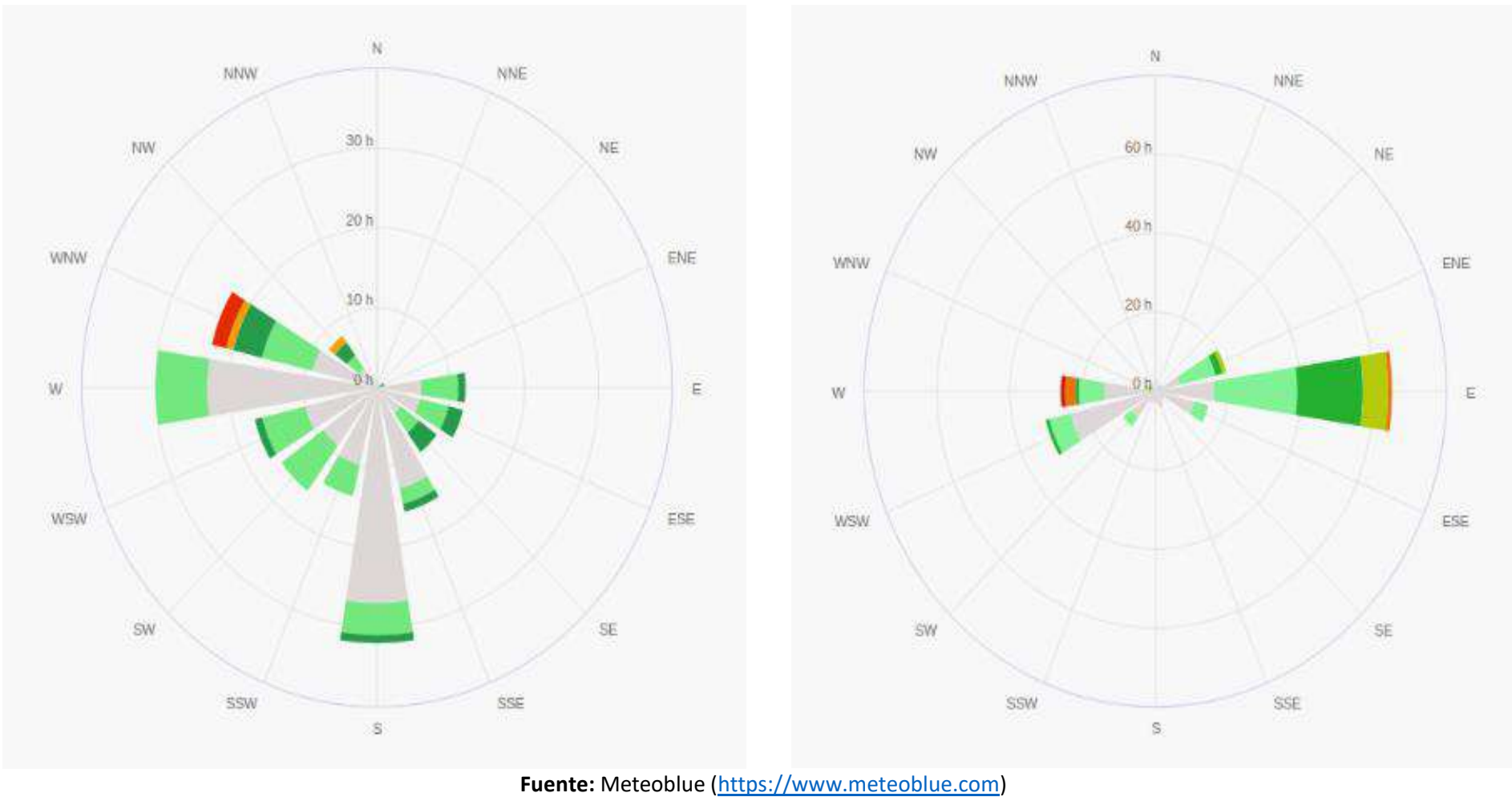
Gráfica 173. Espesor de la capa de cenizas vs distancia alcanzada en kilómetros para columnas eruptivas de 11 kms o más (CENAPRED, 2014)



Fuente: CENAPRED, 2014

Sin embargo, la dispersión de las cenizas está completamente afectada por la dirección de los vientos dominantes y como puede observarse en las siguientes ilustraciones (gráfica 174), en caso de registrarse una nueva erupción las cenizas arrojadas por los volcanes Chichonal y el de Fuego viajarían en direcciones diferentes a la del municipio de Benito Juárez.

Gráfica 174. Vientos dominantes en el Volcán Chichonal (izquierda) y de Fuego (derecha)



Fuente: Meteoblue (https://www.meteoblue.com)

Sismicidad

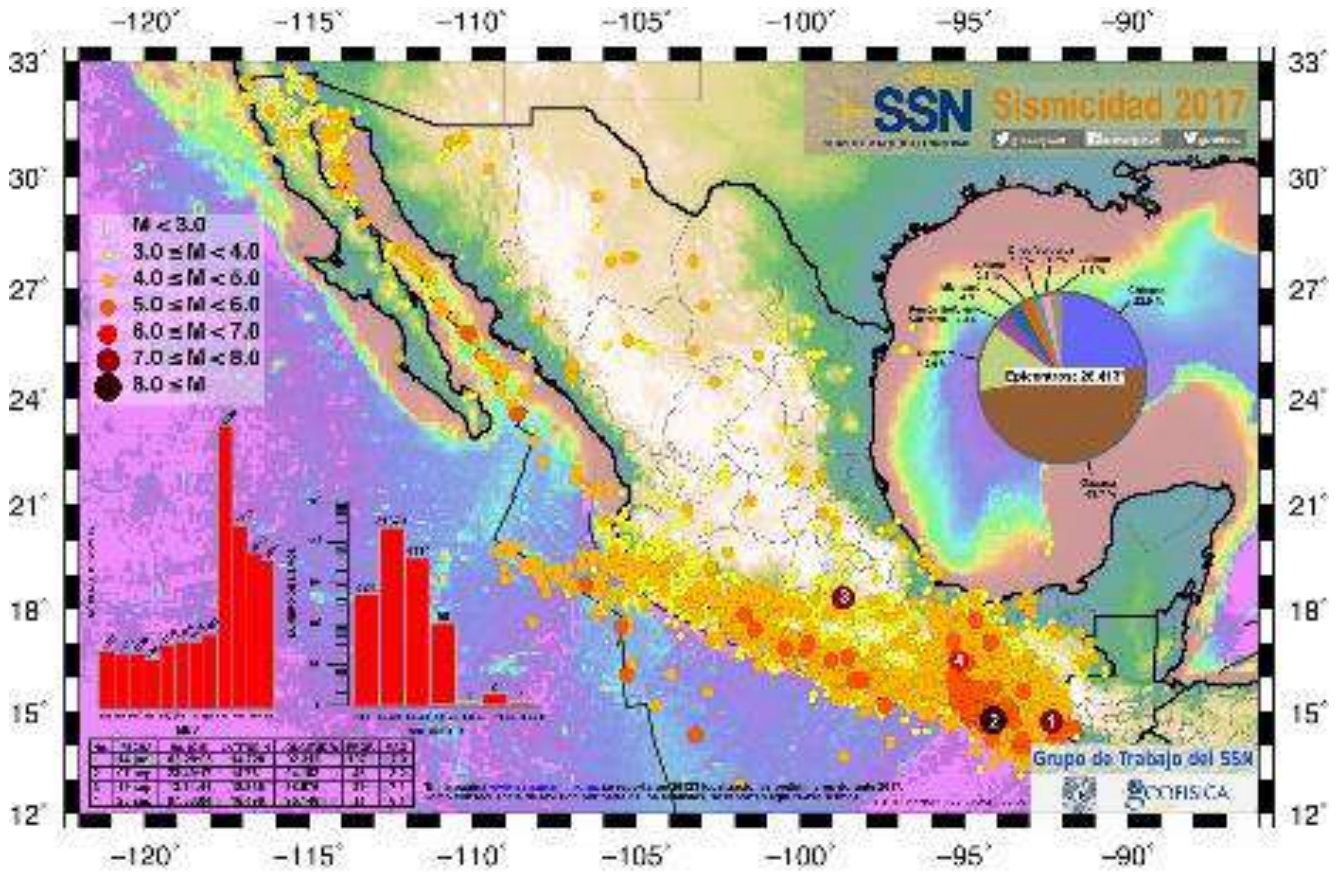
Los sismos no pueden predecirse a través de un procedimiento confiable que establezcan el momento de su ocurrencia ni de su magnitud. A pesar de ello, este fenómeno ocurre en regiones bien definidas a nivel global. La región más cercana al municipio es la costa de los estados de Oaxaca y Guerrero, en la zona de subducción de la Placa de Cocos con la Norteamericana (ver Figura 4). Por otra parte, cualquier catálogo sísmico mundial o regional, que cubra un periodo de varios años (50 ó 100 años), nos mostrará que el promedio de temblores por cualquier periodo definido es muy similar (CENAPRED, 2004).

Figura 5. Límite de placas tectónicas.



Fuente: Prensa libre (https://www.prensalibre.com/internacional/suelo-blando-de-ciudad-de-mexico-amplifica-terremotos)

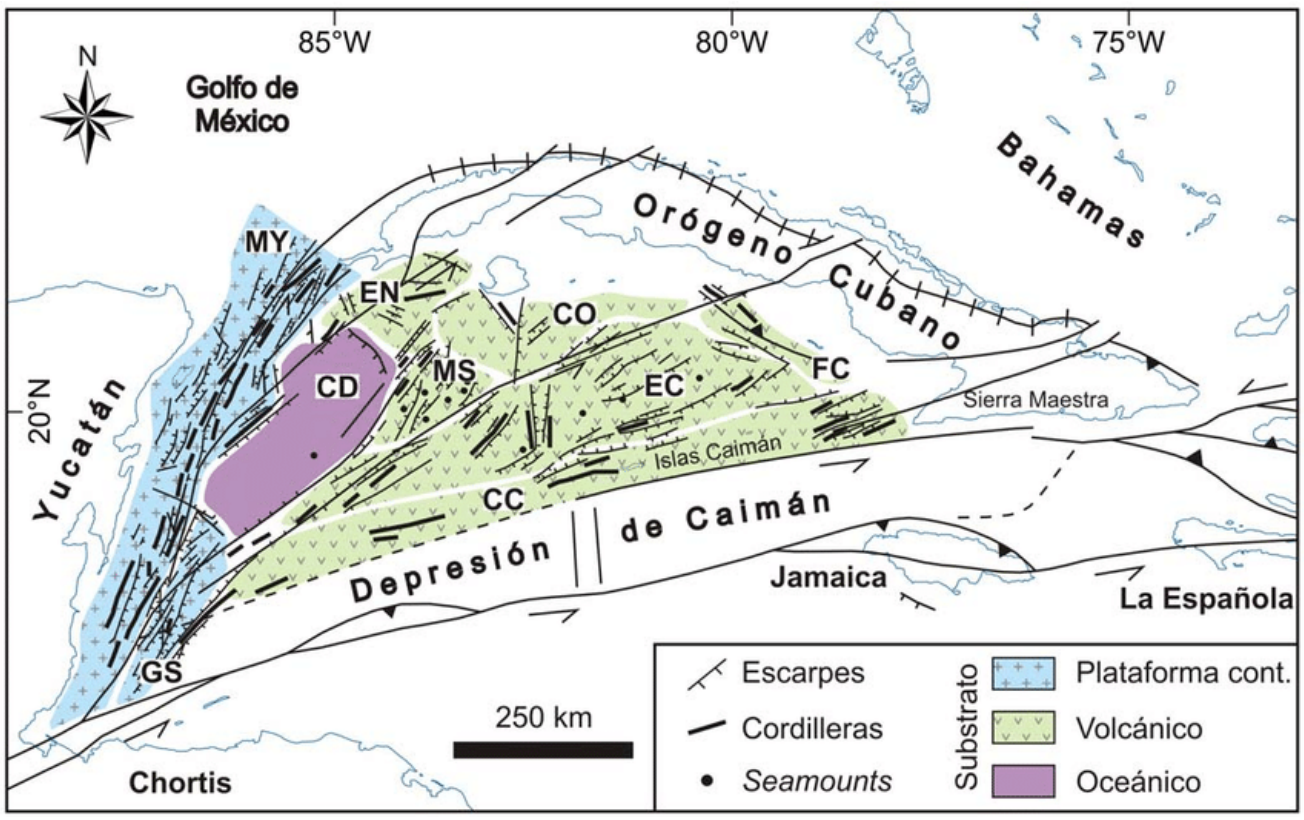
Figura 6. Sismos importantes para la República Mexicana 2017.



Fuente: Servicio Sismológico Nacional (http://www.ssn.unam.mx/recursos/imagenes/sismicidad/mapas-de-sismicidad-anual/SSNMX_mapa_sismicidad_2017_web.jpg)

La sismicidad en el municipio se debe a la interacción de la placa del caribe con cuatro placas: Norteamérica (en el Atlántico), América del Sur (Atlántico y Pacífico) y Cocos y Nazca (Pacífico). La unión de las placas del Caribe y la Norteamericana forma la Fosa de las Caimán que es una falla transformante que tiene un movimiento antihorario con una velocidad de unos 20 mm/año (Figura 6). Los límites de estas Placas continúan en la zona continental a través de Guatemala nombrándose Sistema Polochic-Motahua, a una distancia relativamente cercana del sur de Quintana Roo. Aun así, es poco probable la ocurrencia de sismos en la costa de Quintana Roo.

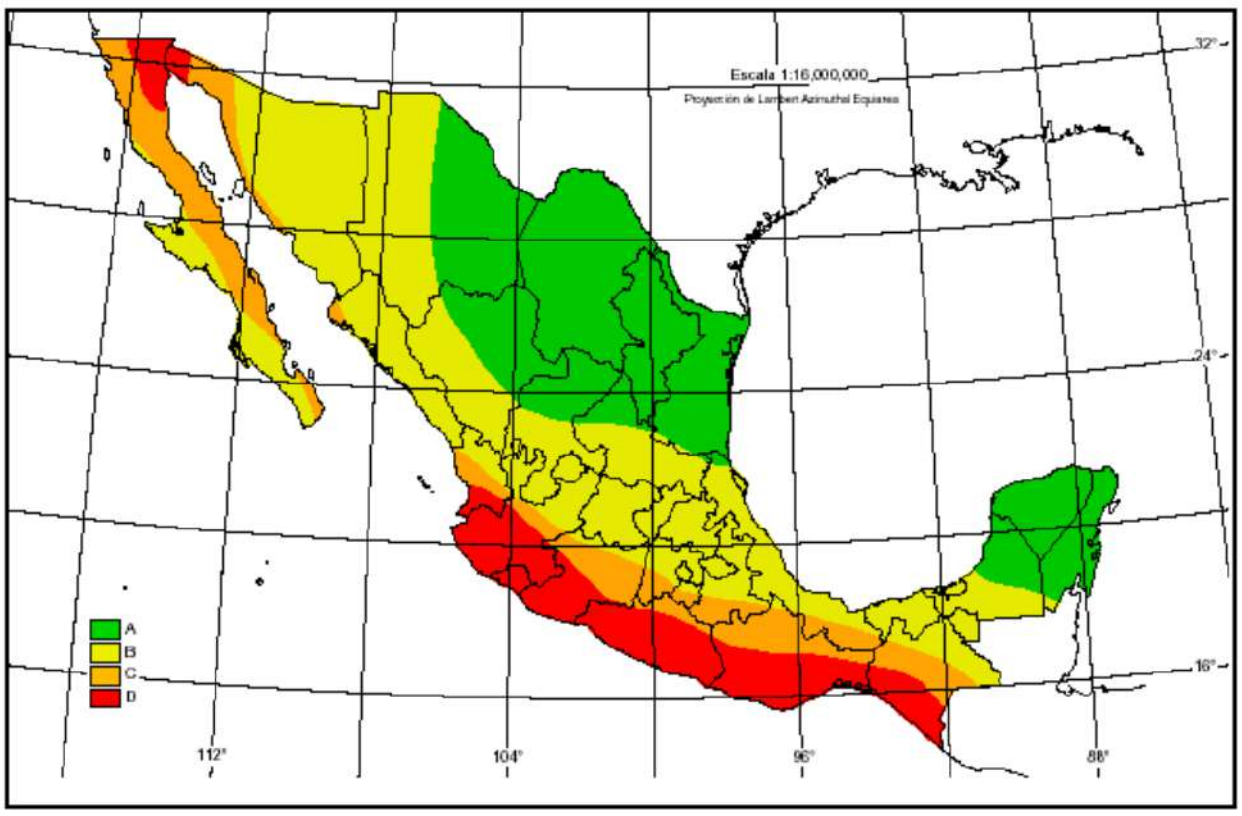
Figura 7. *Fosa de los Caimán*



Fuente: Israel Cruz-Orosa
(https://www.researchgate.net/publication/312525196_Synorogenic_basins_as_a_record_of_the_evolution_of_the_Cuban_Orogen_implications_for_hidrocarbons_exploration/figures?lo=1)

De acuerdo con el Servicio Geológico Mexicano (2010), el peligro sísmico es la probabilidad de ocurrencia de un movimiento telúrico de determinada magnitud en una cierta área. Ya que no es posible determinar con certeza esa probabilidad, lo mejor es realizar un análisis estadístico de sismos pasados y su aceleración determinada en diferentes sitios, esto permitiría obtener la probabilidad de ocurrencia de ciertas aceleraciones en el futuro.

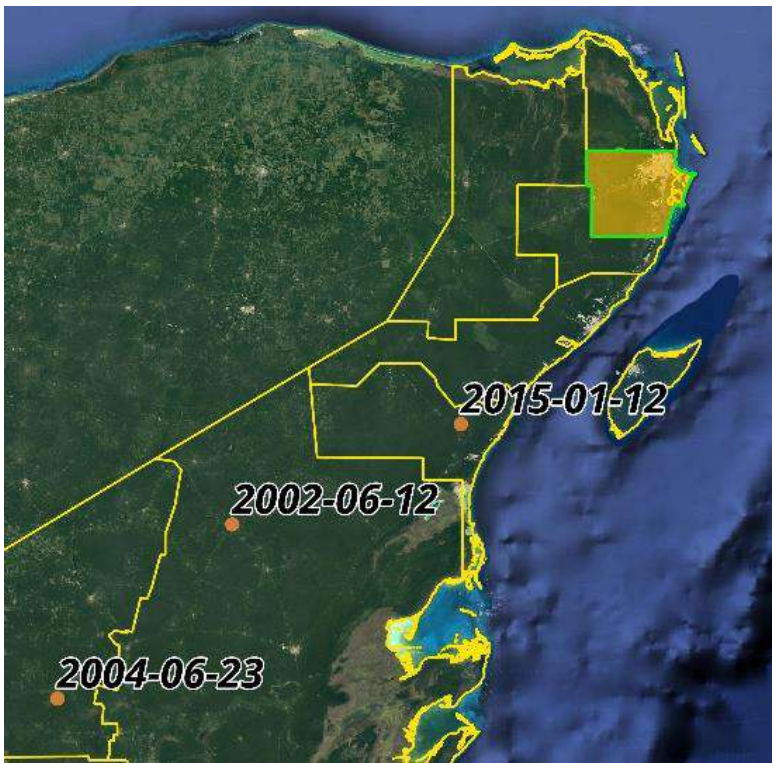
Figura 8*. Regionalización sísmica de la República Mexicana*



Fuente: Servicio Geológico Mexicano
(https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Riesgos-geologicos/Sismologia-de-Mexico.html)

De acuerdo con la Regionalización Sísmica de la CFE, todo el territorio de Quintana Roo pertenece a una de las regiones con menos actividad sísmica registrada en el país (Figura 7). Esto se debe a que está en una zona menos activa que por ejemplo la zona costera del Pacífico. Quintana Roo pertenece a la zona A y no ha reportado sismos importantes desde hace más de 100 años.

Figura 9. Sismos registrados cercanos al Municipio de Benito Juárez



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Servicio Geológico Mexicano

El Servicio Sismológico Nacional registró cuatro sismos de magnitud media (4.2 a 4.7), dos en el año 2002, uno más en el 2004 y otro en 2015, cercanos al municipio de Benito Juárez (Figura 8).

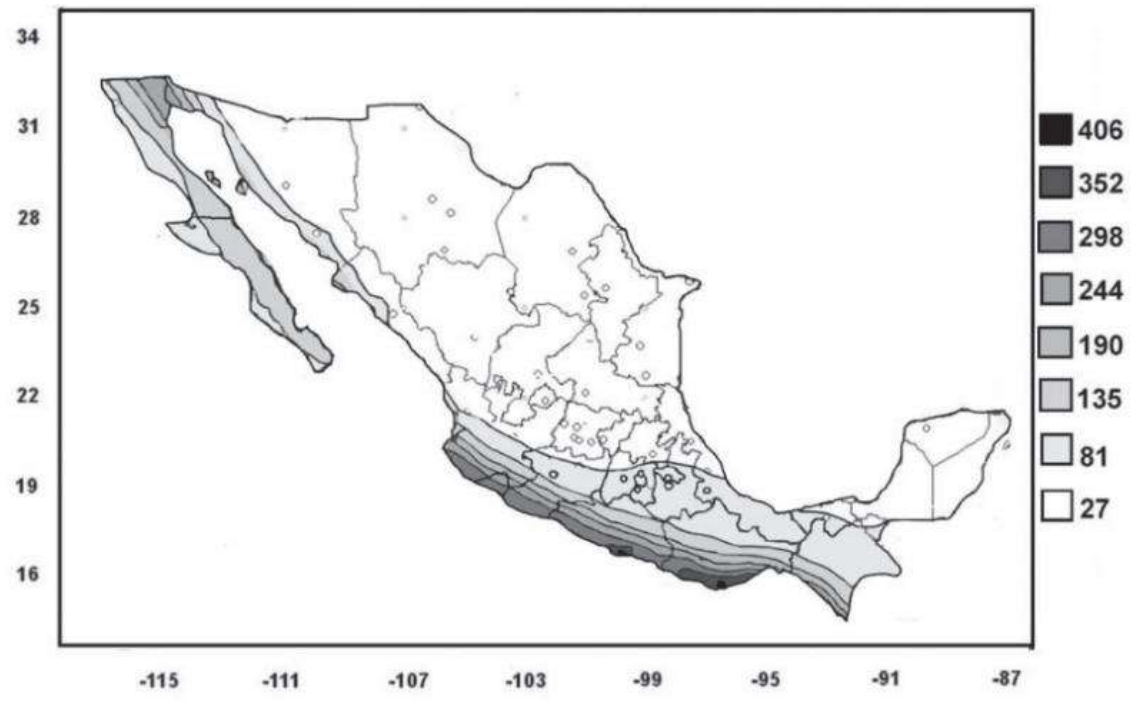
Por otra parte, el CENAPRED (2004) presenta los valores de aceleración máxima para los periodos de retorno de esta amenaza de 10, 100, 500 y 1000 años (Figura 9, 10, 11 y 12).

Figura 10. Aceleraciones máximas del terreno para un periodo de retorno de 10 años (CENAPRED, 2004).



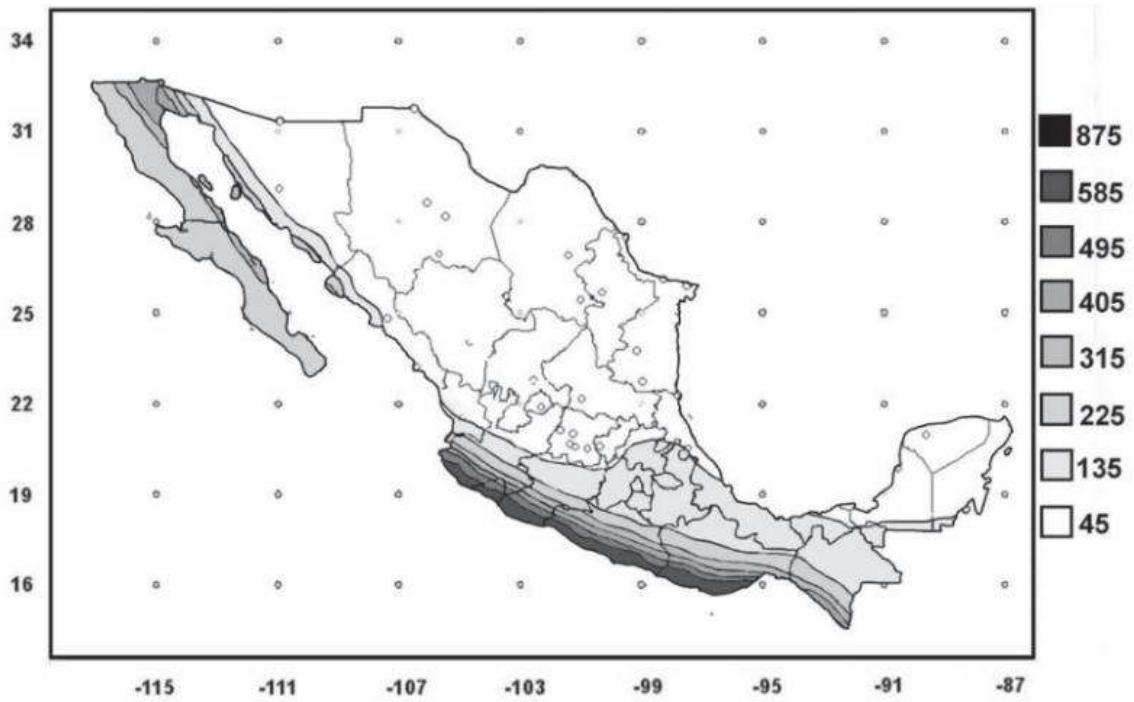
Fuente: CENAPRED, 2014

Figura 11. Aceleraciones máximas del terreno para un periodo de retorno de 50 años (CENAPRED, 2004).



Fuente: CENAPRED, 2014

Figura 12. Aceleraciones máximas del terreno para un periodo de retorno de 500 años (CENAPRED, 2004).



Fuente: CENAPRED, 2014

Figura 13. Aceleraciones máximas del terreno para un periodo de retorno de 1000 años (CENAPRED, 2004).



Fuente: CENAPRED, 2014

Cabe señalar que las magnitudes presentadas en los mapas anteriores están en unidades de Gals (1cm/s^2). Un sismo puede ocasionar daños serios en las construcciones cuando este tiene una aceleración mayor a 147.10 Gals (0.15 g). De acuerdo con la escala de Richter no han causado daños o estos han sido menores.

Los mapas anteriores muestran que en ninguno de los periodos de retorno la aceleración del terreno para el municipio de Benito Juárez será mayor a los 55 gals. Por lo anterior, el peligro de daño en las viviendas del municipio es demasiado bajo.

Tabla 82. Sismos registrados cercanos al Municipio de Benito Juárez

Magnitud	Latitud	Longitud	Profundidad	Referencia	Fecha	Hora local
4.2	20.318	-87.505	5	56 km al suroeste de Playa del Carmen, Q Roo	2015-01-11	21:49:16
4.1	19.420	-88.820	114	79 km al sur de Peto, Yuc.	2004-06-22	22:34:27
4.7	19.990	-88.250	134	Felipe Carrillo Puerto	2002-06-12	00:36:40

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Servicio Geológico Mexicano

Tsunamis

Un tsunami es una serie de olas causadas por terremotos o erupciones volcánicas submarinas. En otras palabras, es una secuencia de olas que se generan cuando cerca o en el fondo del océano ocurre un terremoto; las olas pueden arribar a las costas con gran altura y provocar efectos destructivos: pérdida de vidas y daños materiales. Para lograr mover la enorme masa de agua que se desplaza en un tsunami, debe ocurrir un movimiento vertical

en las placas que se encuentran bajo los océanos. Los tsunamis también pueden ser causados por impacto de asteroides.

Características físicas de un tsunami

Debido a la gran longitud de onda estas olas siempre "sienten" el fondo (son refractadas), ya que la profundidad siempre es inferior a la mitad de la longitud de onda (valor crítico que separa las olas de agua profunda de las olas de aguas someras). En consecuencia, en todo punto del océano, la velocidad de propagación del tsunami depende de la profundidad oceánica y puede ser calculado en función de ella:

$$V= \sqrt{gd}$$

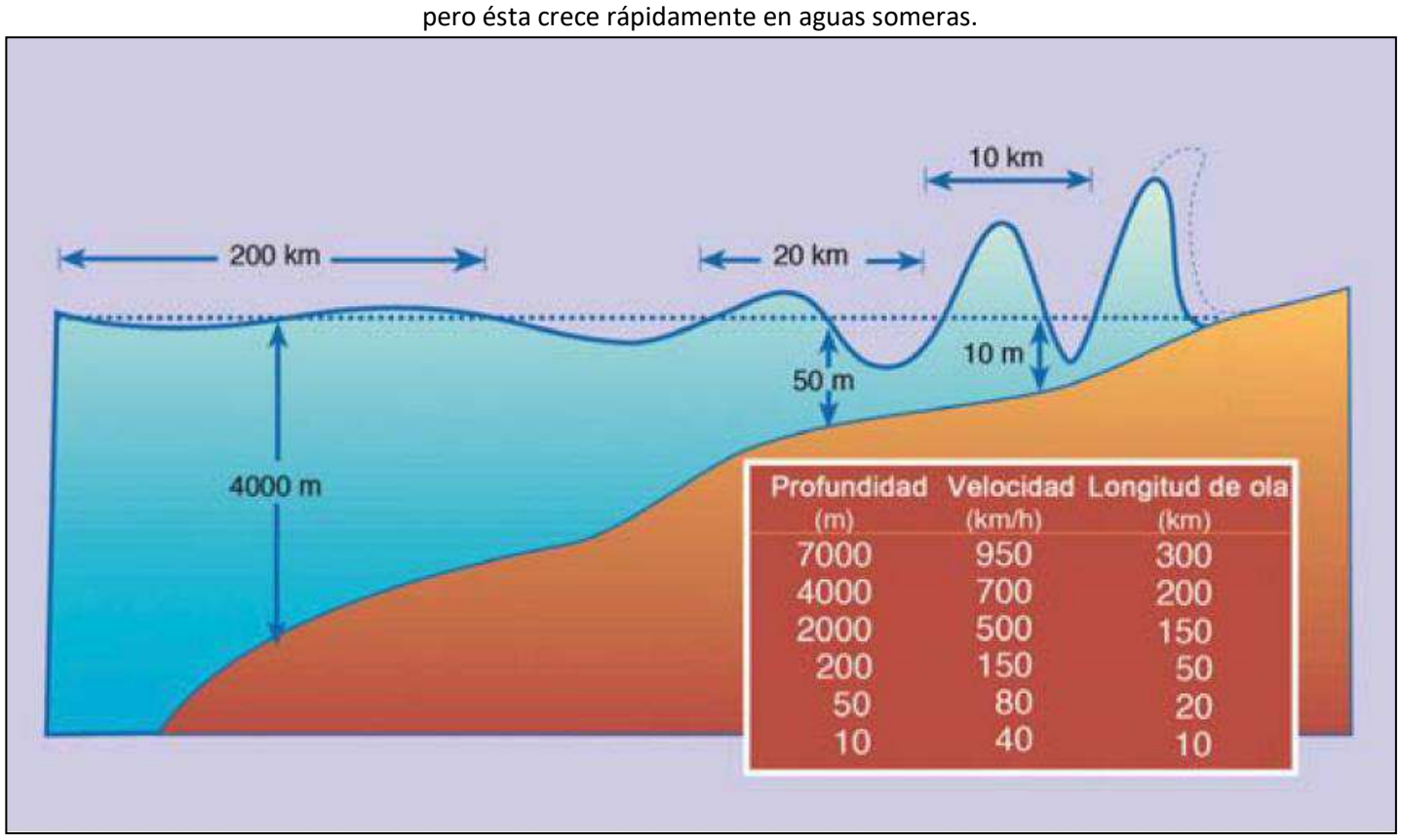
En donde:

V= velocidad de propagación
g= aceleración de la gravedad (9.81 m/seg^2)
d= profundidad del fondo marino

Para el Océano Pacífico la profundidad media es de 4,000 m, lo que da una velocidad de propagación promedio de 198 m/s o 713 km/h. Para el municipio de Benito Juárez, el cálculo se hace a partir de los datos del Océano Atlántico, donde la profundidad media es de 3,900 m, que se obtiene gracias a una gran meseta cercana a los 3,000 m de profundidad que constituye casi todo su fondo, unida a las grandes depresiones que se encuentran en los bordes de esta y que llegan a los 8,800 m en las inmediaciones de Puerto Rico.

Lo anterior da una velocidad de propagación promedio para el Atlántico de 195.6 m/s (704.16 km/h). Ahora bien, si calculamos el dato para el Mar Caribe, cuya profundidad promedio es de 2,200 m, tendríamos una velocidad de propagación de 146.9 m/s, es decir 528.84 km/h. De este modo, podemos observar que, si la profundidad de las aguas disminuye, la velocidad del tsunami decrece (Figura 13).

Figura 14. En aguas profundas, a menudo un tsunami tiene solo decenas de centímetros de altura, pero ésta crece rápidamente en aguas someras.



Fuente: http://www.proteccioncivil.es

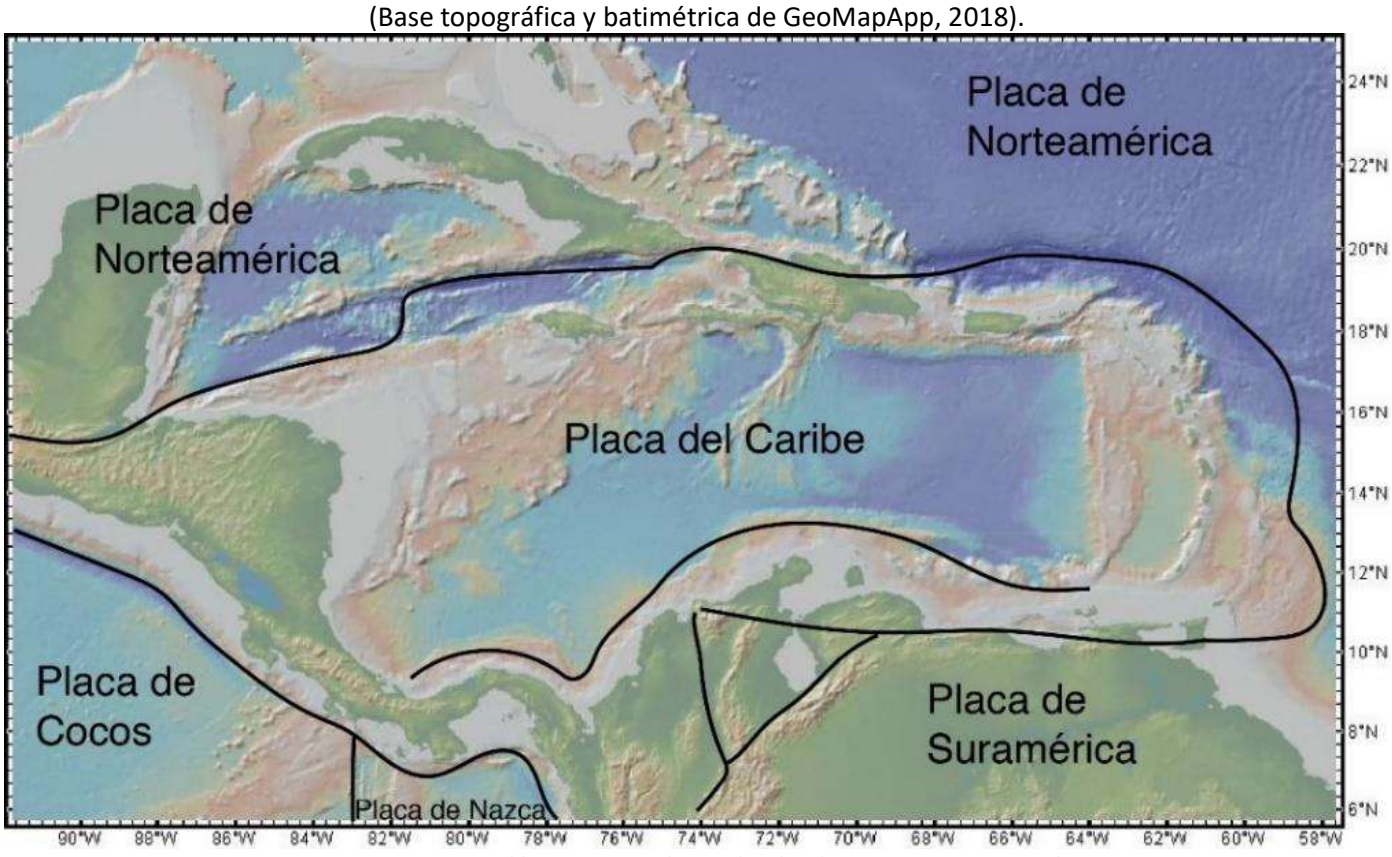
Debemos tener en cuenta, de la misma manera, que la altura de la ola al llegar a la costa es variable. Al aproximarse a las aguas bajas, las olas sufren fenómenos de refracción y disminuyen su velocidad y longitud de onda, aumentando su altura. En mares profundos estas ondas pueden pasar inadvertidas ya que sólo tiene amplitudes que bordean el metro; sin embargo, al llegar a la costa pueden excepcionalmente alcanzar hasta 20 metros de altura. Un tsunami no es UNA sola ola, sino una secuencia o “tren” de olas que cada 10 a 40 minutos

se suceden una tras otra durante un lapso de medio día, un día o más. Comúnmente, la ola de mayor altura y potencial destructivo NO es la primera ni la segunda, sino las siguientes: tercera, etc. (CENAPRED, 2005).

Es posible trazar cartas de propagación de tsunamis, como se hace con las cartas de olas; la diferencia es que los tsunamis son refractados en todas partes por las variaciones de profundidad; mientras que con las olas ocurre sólo cerca de la costa (Figura 18). En un sistema de alerta, para poder avisar a tiempo a la población de la llegada de un tsunami cuya generación ya se haya confirmado, estas cartas constituyen un recurso muy útil.

Todo el estado de Quintana Roo está situado sobre la Placa de Norteamérica, por lo que la costa del municipio de Benito Juárez también, debido a su ubicación geográfica. Los eventos sísmicos o movimientos de placas tectónicas originados entre la Placa de Norteamérica y la Placa del Caribe pueden generar alerta de probabilidad de peligro de tsunami (Figura 14). Sin embargo, los eventos de tsunami para esta región han sido muy pocos y sin afectación para el municipio.

Figura 15. Mapa mostrando la Placa del Caribe sus bordes y las placas adyacentes (Base topográfica y batimétrica de GeoMapApp, 2018).



Fuente: https://geolpr.com/2018/06/29/el-caribe-tectonico/

A nivel global existe una base de datos de los eventos históricos de tsunami (*https://www.ngdc.noaa.gov/hazard/tsu_db.shtml*), donde se señalan la fuente del evento, la fecha, la magnitud, altura máxima del agua, muertes y daños materiales, así como el origen del tsunami: sismos, volcanes, movimiento de placas. Algunos eventos no tienen información de recorrido y otros tienen muchos lugares donde se registró una altura de recorrido (*runup*).

Para la Región del Caribe, se extrajeron los datos que se muestran en la tabla 83 y figura 15, que abarcan un periodo de 479 años, los cuales se consideran eventos con algún recorrido significativo para Quintana Roo, donde se localiza el municipio de Benito Juárez, principalmente de la región sureste de México y Centroamérica. Para la Península de Yucatán el "*runup*" más reciente se advirtió en 2018 en Puerto Morelos.

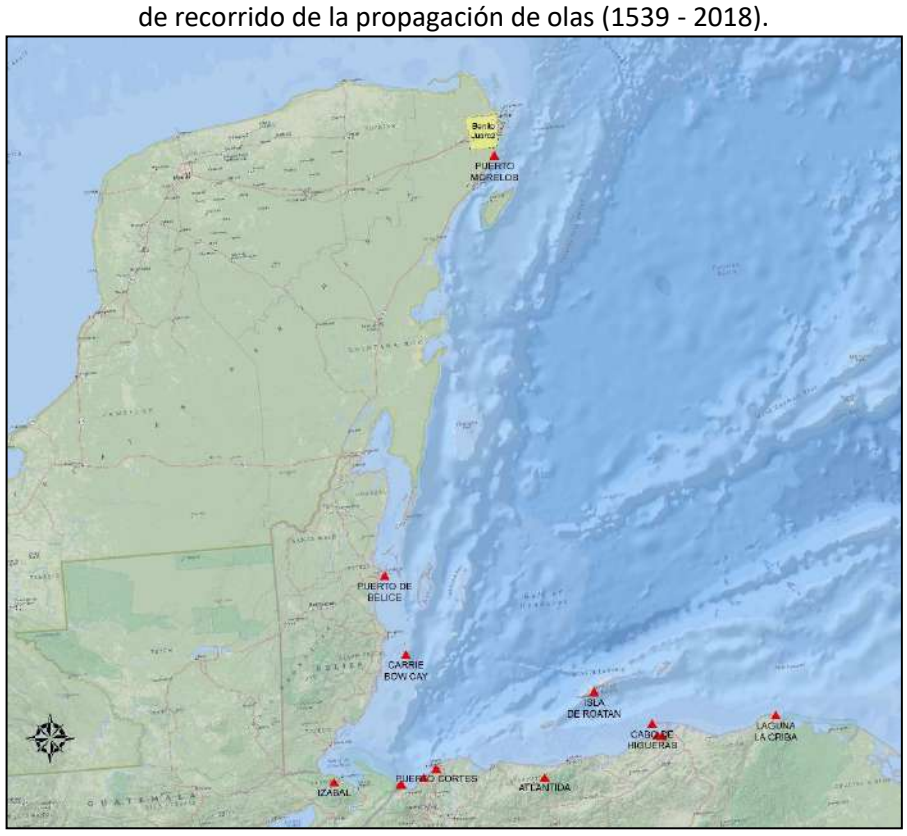
"Runup" puede ser definido como: 1) Diferencia entre la elevación de penetración máxima de un tsunami (línea de inundación) y el nivel del mar en el momento del tsunami. En términos prácticos, el *runup* es solo la medida donde hay evidencia del límite de la inundación sobre la costa y 2) Elevación alcanzada por el mar medido en relación con algunos niveles fijos tales como el nivel medio del mar, bajamar media, nivel del mar en el momento del tsunami, entre otros, y al a vez idealmente medido, en un punto correspondiente al máximo local de la inundación horizontal. En los lugares donde la elevación no esta medida en relación con la máxima inundación horizontal, ésta es denominada frecuentemente como la altura de la inundación.

Tabla 83. Lugares de registró de propagación de recorrido de tsunami en la región sureste de México y Centroamérica.

AÑO	MES	DÍA	PAÍS	UBICACIÓN	LATITUD	LONGITUD
1539	11	24	HONDURAS	CABO DE HIGUERAS	16.017	-86.033
1825	2	26	HONDURAS	ISLA DE ROATÁN	16.333	-86.5
1855	9	25	HONDURAS	BAHÍA DE TRUJILLO	15.91	-85.96
1856	8	4	HONDURAS	PUERTO CORTES	15.833	-87.917
1856	8	4	HONDURAS	ATLÁNTIDA	15.667	-87
1856	8	4	HONDURAS	OMOA	15.7667	-88.0333
1856	8	4	HONDURAS	TRUJILLO	15.917	-86
1856	8	4	HONDURAS	LAGUNA LA CRIBA	15.97	-84.97
1976	2	4	HONDURAS	PUERTO CORTES	15.833	-87.917
2009	5	28	GUATEMALA	EL QUETZALITO	15.73	-88.23
2009	5	28	GUATEMALA	MOTAGUA RIVER	15.733	-88.233
2018	1	10	GUATEMALA	IZABAL	15.8	-88.8
2018	1	10	HONDURAS	ISLA DE ROATÁN	16.333	-86.5
2018	1	10	BELICE	PUERTO DE BELICE	17.4735	-88.2005
2018	1	10	MÉXICO	PUERTO MORELOS	20.8681	-86.8668
2018	1	10	BELICE	CARRIE BOW CAY	16.8028	-88.082

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la NOAA (https://www.ngdc.noaa.gov/hazard/tsu_db.shtml)

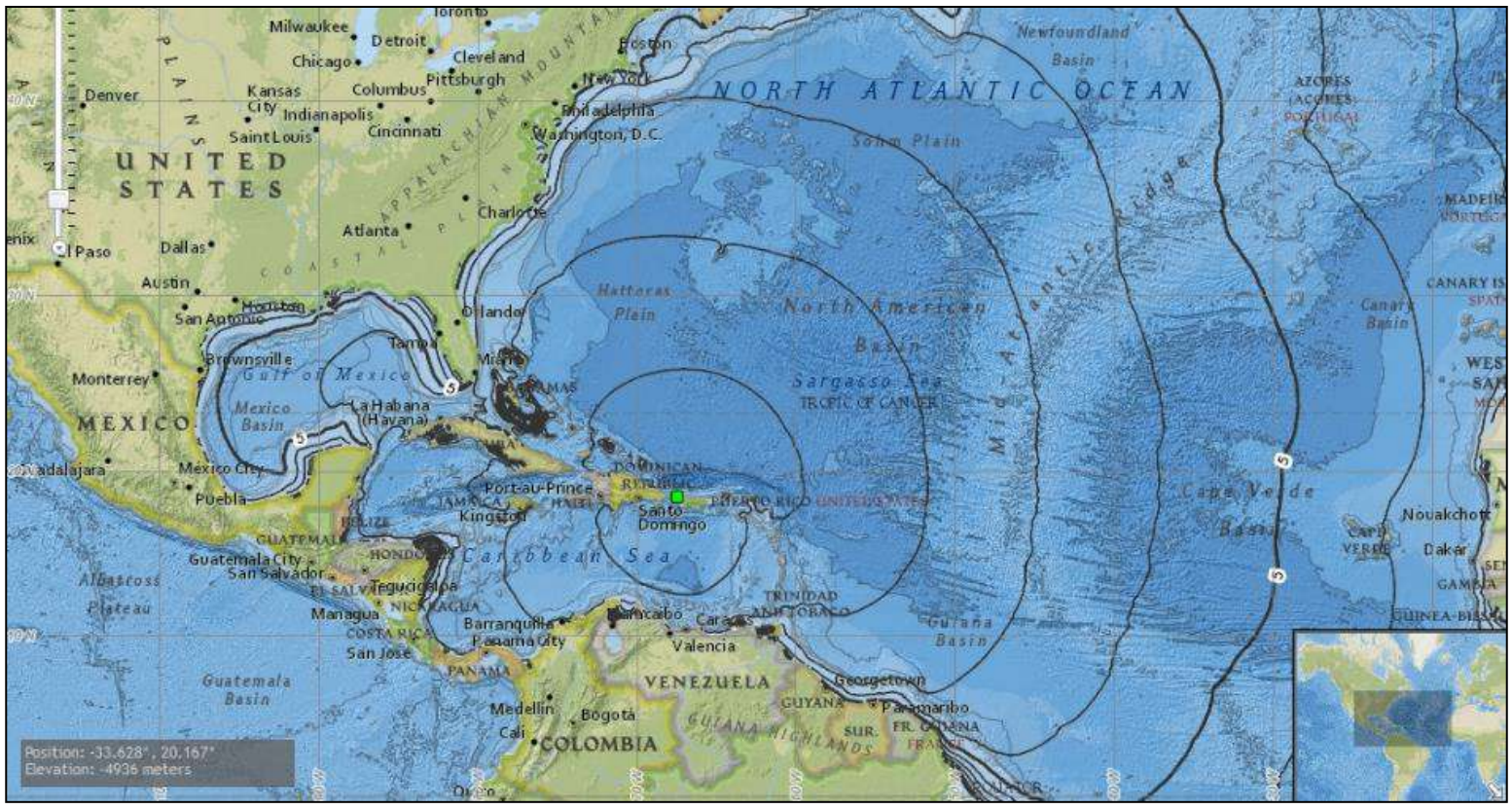
Figura 16. Lugares de las costas del Caribe que registraron una altura de recorrido de la propagación de olas (1539 - 2018).



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la NOAA (https://www.ngdc.noaa.gov/hazard/tsu_db.shtml)

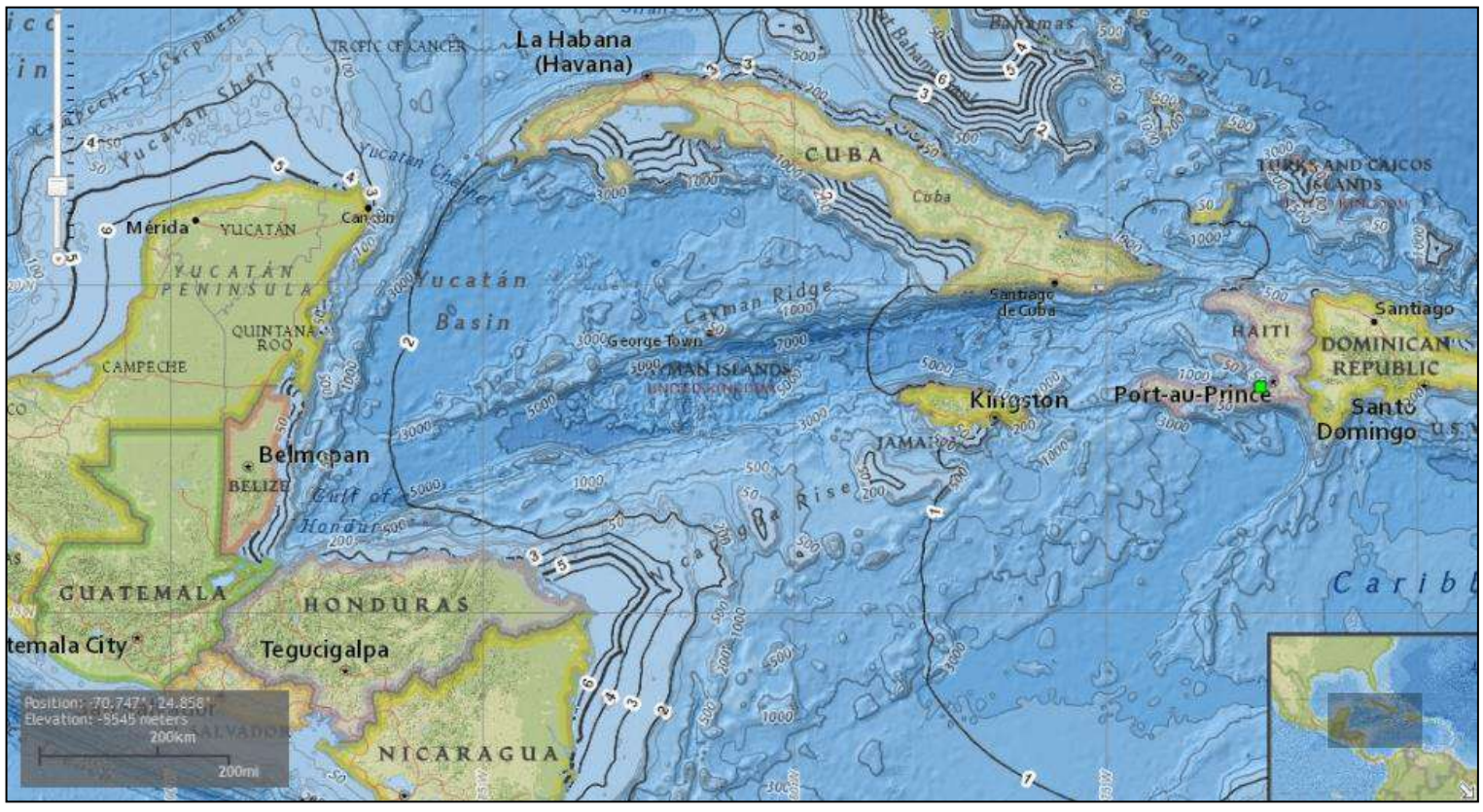
Por otra parte, las variaciones en las formas y las pendientes de la batimetría submarina cercana a la línea de costa influyen directamente en el potencial de energía del tsunami, ocurriendo amplificación o atenuación de las ondas. Entre los eventos de tsunamis más significativos, originados a partir de un sismo, que se extendieron hacia las costas de la Península de Yucatán, se encuentra el del 10 de noviembre de 1918 con origen en Puerto Rico (figura 16) y el del 12 de enero de 2010 en Haití (figura 17), de acuerdo con los datos de la NOOA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) de los Estados Unidos. Sin embargo, ninguno de estos eventos tuvo consecuencias significativas para el estado y municipio de Benito Juárez. Se puede apreciar el tiempo de propagación en horas en las siguientes figuras.

Figura 17. Tiempo de propagación de tsunami con origen en Puerto Rico (1918/10/11).



Fuente: NOAA - National Centers for Environmental Information - Natural Hazards Viewer.

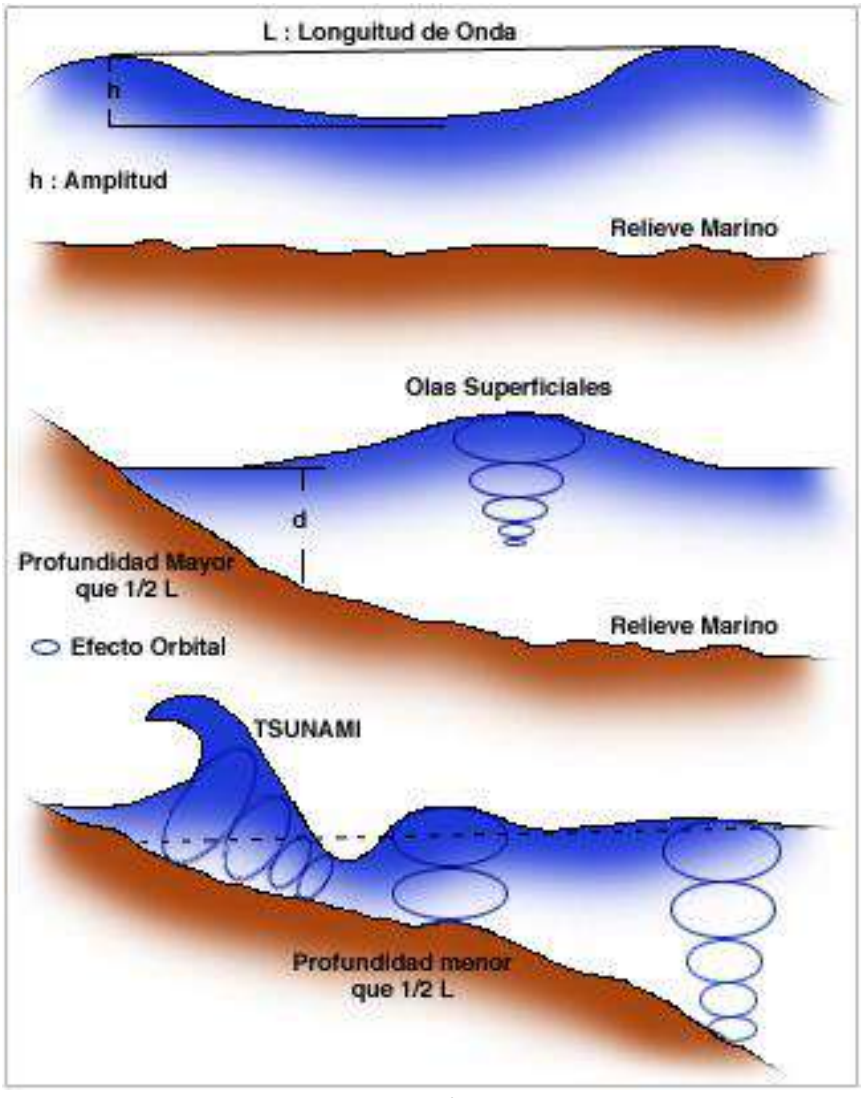
Figura 18. Tiempo de propagación horas de tsunami con origen en Haití (2010/1/12).



Fuente: NOAA - National Centers for Environmental Information - Natural Hazards Viewer.

Los tsunamis tienen normalmente longitudes de onda que superan los 50 kilómetros y pueden alcanzar hasta 1,000 kilómetros, en tal caso el efecto orbital es constante y vigoroso en cualquier parte del fondo marino, ya que no existen profundidades semejantes en los océanos (figura 18).

Figura 19. Parámetros físicos y geométricos de la onda de tsunami.



Fuente: Ramírez, 1986.

La longitud de onda (L) de un tsunami corresponde al producto entre la velocidad de propagación (V) y el período (T), relación dada por:

$$L = V \times T$$

de este modo, para una velocidad de propagación V = 713 km/h, y un período T = 15 minutos, la longitud de onda es L = 178 km. Debido a su gran longitud onda, el desplazamiento de un tsunami a grandes profundidades se manifiesta en la superficie oceánica con amplitudes tan solo de unos pocos centímetros.

Las olas generadas por los vientos tienen períodos por lo general de menos de 15 segundos, a diferencia de las ondas de tsunami que oscilan entre 20 y 60 minutos. Esta característica permite diferenciarlas claramente en un registro mareográfico y por lo tanto advertir la presencia de un tsunami (tabla 84). Un maréografo es el instrumento utilizado para medir el nivel del mar, conocido también como medidor de marea. Mide la altura (ascenso y descenso) de la marea realizando un registro gráfico y continuo de la altura de la marea en el tiempo.

Tabla 84. Diferencias tsunamis y olas comunes.

CARACTERÍSTICA	TSUNAMI	OLA COMÚN
De 150 a 100 Km	Longitud de onda	90 m O. Atlántico 300 m O. Pacífico
Velocidad máxima	900 km/hr y más	< 100 km/hr
Período	De 10 a 90 min.	< 15 seg.
Altura o amplitud **Mar adentro** **Costa**	Pocos centímetros 1-30 m	< 13 m 6 m
Influencia en el fondo	Perturba totalmente el fondo	Ninguna, sólo en la playa

Fuente: Ramírez, 1986.

Para expresar la magnitud de un tsunami diversos autores han creado escalas de grados de intensidad. En 1949 INAMURA propone una escala en función de la altura de la ola y los daños que estas producen en las zonas costeras. En 1963 LIDA propone una escala de grados relacionando la máxima altura de subida que alcanza en tierra la ola

(*runup* = R), medida sobre el nivel medio del mar, y la energía de los tsunamis correspondientes a diferentes grados de intensidad. En 1970 WIEGEL combina y adapta ambas escalas, siendo ésta la más utilizada hoy en día (Tabla 85).

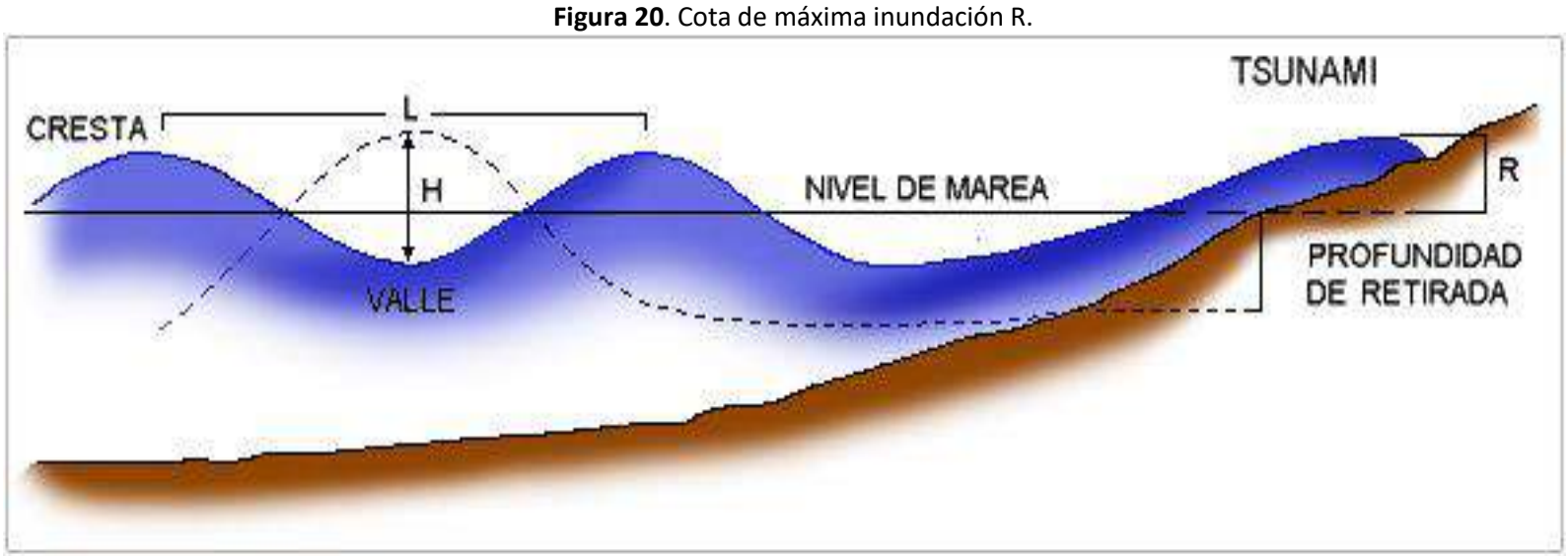
Tabla 85. Escala de grados de Tsunami según Inamura y Lida, transcrita por Wiegel.

GRADO	**ALTURA** de ola H en metros	**COTA** inundación R máxima en metros	**DESCRIPCIÓN** de los daños
0	1-2	1-1.5	No produce daños
1	2-5	2-3	Casas inundadas y botes destruidos son arrastrados
2	5-10	4-6	Hombres, barcos y casas son barridos
3	10-20	8-12	Daños extendidos a lo largo de 400 km de la costa
4	**>30**	**16-24**	Daños extendidos sobre más de 500 km a lo largo de la línea costera

Fuente: Monge, 1993.

La ALTURA de la ola H corresponde a la diferencia de nivel entre cresta y valle. Por otra parte, la COTA máxima de inundación R, corresponde al lugar de la costa donde los efectos del tsunami son máximos (Figura 19).

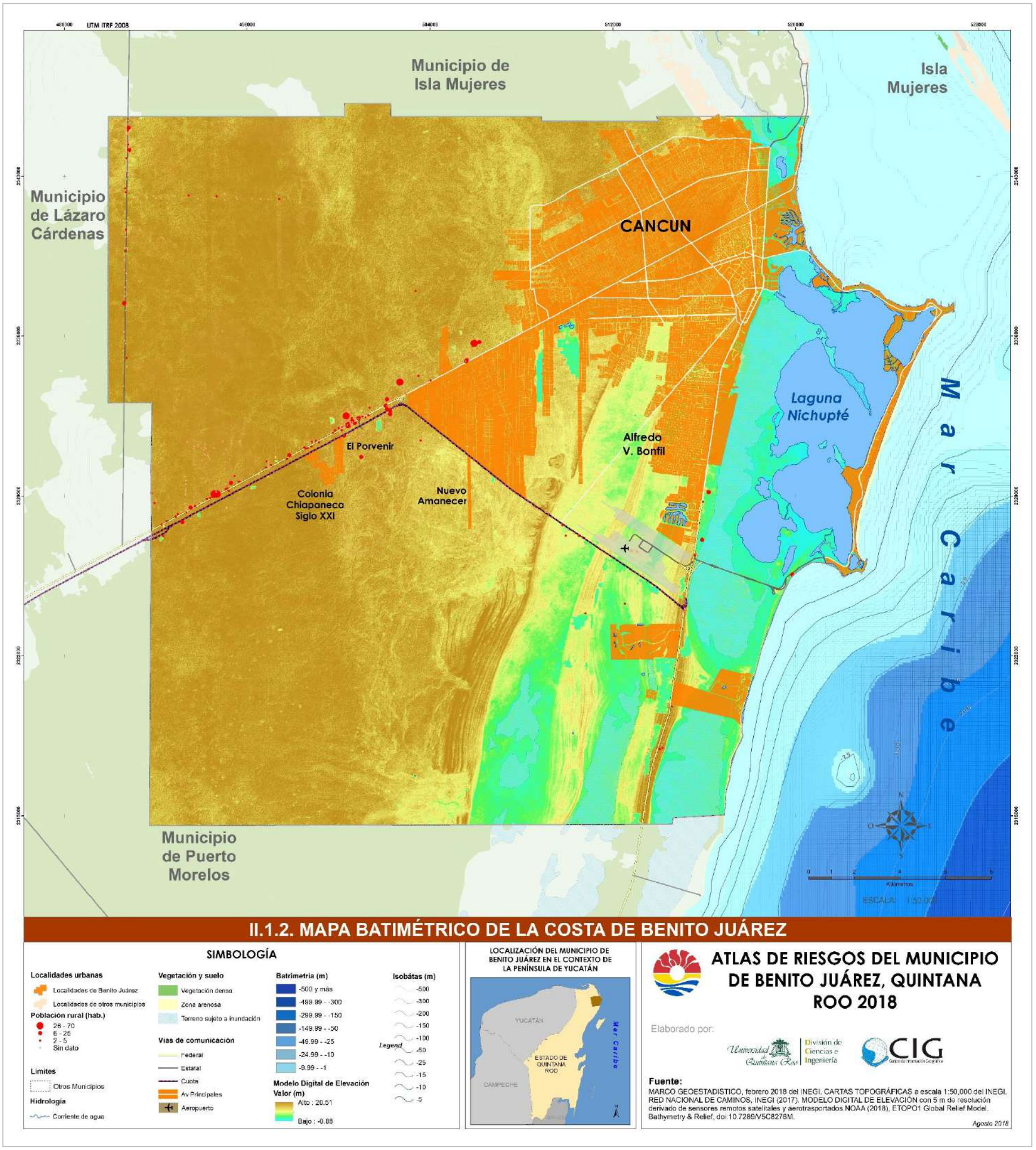
Figura 20. Cota de máxima inundación R.



FUENTE: http://www7.uc.cl/sw_educ/geo_mar/html/h713.html

Con la escala de grados de tsunami descrita, se puede identificar y diferenciar la magnitud de un evento. De este modo, al señalar que la costa de una determinada región ha sido afectada por 10 tsunamis en 400 años, se puede precisar que de los diez tsunamis acontecidos sólo uno fue de magnitud dos (m = 2) y nueve fueron de magnitud cero (m = 0). Además, esta escala permite calificar los tsunamis basándose en documentos y descripciones históricas que hacen referencia a la magnitud de los daños y a la cota máxima de inundación.

Cabe destacar que para hacer una simulación de tsunamis para el municipio de Benito Juárez con fines de prevención es necesario contar con una mejor resolución batimétrica, así como conocer todos los parámetros focales de la fuente generadora del tsunami. En el mapa II.1.2 se presentan los datos batimétricos correspondientes a las costas del municipio.



II.1.2. MAPA BATIMÉTRICO DE LA COSTA DE BENITO JUÁREZ

A manera de aproximación, y que como se ha señalado anteriormente, para todo punto del océano la velocidad de propagación de un tsunami depende de la profundidad oceánica y puede ser calculado en función de ella: $V=\sqrt{g.d}$.

En donde: V= velocidad de propagación, g= aceleración de la gravedad (9.81 m/seg 2) y d= profundidad del fondo marino. Partiendo de estos parámetros, se realizaron cálculos para el municipio utilizando las isobatas obtenidas del Modelo Global de Relieve (ETOPO1: doi:10.7289/V5C8276M) de la NOOA, lo que se muestra en la tabla siguiente, de la misma manera que se puede observar en el mapa II.1.2

Tabla 86. Velocidad de propagación para la costa de Benito Juárez.

Velocidad de propagación (V)		Aceleración de la gravedad (g)	Profundidad del fondo marino (d)
m/s	**k/h**	**9.81 m/seg 2**	**metros**
70.04	252.14	9.81 m/seg 2	500
54.25	195.30	9.81 m/seg ^{2}	300
44.29	159.44	9.81 m/seg ^{2}	200
38.36	138.09	9.81 m/seg ^{2}	150
31.32	112.75	9.81 m/seg ^{2}	100
22.15	79.74	9.81 m/seg ^{2}	50
15.66	56.38	9.81 m/seg ^{2}	25
9.90	35.64	9.81 m/seg ^{2}	10
7.0	25.20	9.81 m/seg ^{2}	5

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la NOAA (https://www.ngdc.noaa.gov/hazard/tsu_db.shtml)

Podemos observar en la tabla 86 que, si la profundidad de las aguas disminuye, la velocidad del tsunami decrece. Recordando que la longitud de onda (L) de un tsunami corresponde al producto entre la velocidad de propagación (V) y el período de tiempo (T), podríamos calcular que, para una velocidad de propagación V=356.58 km/h (la mayor obtenida para una profundidad de 1000 m) y un periodo T=15 minutos, la longitud de onda es L= 89 km. Debido a la longitud de onda, el desplazamiento de un tsunami a grandes profundidades seria apenas de unos pocos centímetros.

La amenaza de tsunami para el municipio de Benito Juárez es baja, parte de la razón es la falta de zonas de subducción, ya que es el origen general de este peligro es a causa de terremotos submarinos. Las zonas de subducción en la cuenca del Atlántico están sólo a lo largo del borde oriental de la Placa del Caribe y en el borde oriental de la Placa de Scotia en el Atlántico Sur. Estas zonas de subducción son pequeñas, no son excepcionalmente activas y explican el porqué de la baja incidencia de tsunamis generados por un terremoto.

La ola de un tsunami acumula gran cantidad de energía; cuando llega a la línea costera, esta ola avanza sobre la tierra alcanzando alturas importantes sobre el nivel medio del mar. La ola y el flujo que le sigue, cuando encuentran un obstáculo descargan su energía impactando con gran fuerza. La dinámica de un tsunami en tierra es bastante compleja y normalmente no predecible; esto se debe a que influyen factores muy diversos como son: el período, la altura de la ola, la topografía submarina y terrestre determinando daños de diversa intensidad.

Por otra parte, los daños típicos producidos por tsunami pueden agruparse de acuerdo con los siguientes grupos: a) Daños producidos por el momento del flujo; b) Daños producidos por la inundación y c) Daños producidos por socavamiento.

A su arribo, los daños materiales pueden ser:

1) Primarios: causados directamente por la acción estática del agua (inundación, presión, flotación) en las estructuras, o por su acción dinámica (corrientes, fuerzas de arrastre), y rompimiento de las olas o rebasado de sus aguas en muelles y rompeolas.
2) Secundarios: ocasionados por:

a. Impacto de objetos flotantes o arrastrados por las aguas (embarcaciones, vehículos, etc.) en estructuras fijas.

b. Incendios o explosiones, inducidos por el impacto de tales objetos flotantes en tanques de almacenamiento de combustible.

c. Líneas eléctricas caídas.

d. Derrumbe de edificaciones, por escurrimiento del material térreo de soporte de sus cimientos.

e. Contaminación por líquidos y/o gases tóxicos, al romperse los recipientes o envases.

f. También tienen impacto social, pues producen:

a) Decesos y heridos

b) Destrucción de construcciones

c) Daños en vías de comunicación, hospitales y escuelas

d) Interrupción de servicios públicos (electricidad, telefonía, etc.) y en las actividades cotidianas de la población;

f) Pérdida de viviendas, desplazamiento y reubicación de asentamientos humanos.

Finalmente, la magnitud de los efectos de un tsunami en áreas costeras va a depender de una serie de factores físicos y de la existencia o no de poblaciones. La llegada de un tsunami a las costas se manifiesta por un cambio anómalo en el nivel del mar, generalmente se presenta un aumento o recogimiento previo de las aguas; esta última situación suele dejar descubiertas grandes extensiones del fondo marino. Posteriormente, se produce una sucesión rápida y acentuada de ascensos y descensos del nivel de las aguas, cuya altura puede variar entre uno y cuatro metros; sin embargo, se han registrado casos puntuales en que las olas alcanzaron alturas superiores a los 20 metros.

Procesos de Remoción en Masa: Inestabilidad de laderas, Flujos y Caídos o Derrumbes

De acuerdo con Castañeda (2011), existe una gran variedad de clasificaciones de "Procesos de Remoción en Masa" (PRM), resultando de su complejidad y el enfoque del trabajo o investigación con respecto a la disciplina realizada. Estas clasificaciones se han basado en aspectos como los atributos morfológicos de los movimientos (estructura de las inestabilidades), tanto en la superficie de ruptura como del área de depósito; en el tipo y velocidad de movimiento; antigüedad del movimiento; grado de actividad y tipo climático.

La clasificación de los PRM más aceptada y aplicada a nivel internacional se basa en el mecanismo de movimiento: una simple y completa clasificación que considera estos aspectos, es la ofrecida por el programa EPOCH (*European Community Programme* ,1993), el cual a partir de la clasificación de Varnes (1978) y Hutchinson (1988), elabora una diferenciación entre el tipo de movimiento y los materiales involucrados. De acuerdo con esta clasificación los diferentes movimientos se subdividen de acuerdo con los materiales formadores, los cuales pueden ser rocas, detritos y suelos.

Los tipos de movimientos pueden ser: Desprendimientos o caídas (caídos o derrumbes de acuerdo con CENAPRED[4]), vuelcos o desplomes, deslizamientos (inestabilidad de laderas), flujos y expansiones laterales, entre otros.

En esta sección, y de acuerdo con los Términos de Referencia para la elaboración de Atlas de Riesgo 2018 (SEDATU), se expondrán los tipos de movimiento de caídos y derrumbes, deslizamientos, flujos e inestabilidad de laderas. Sin embargo, cabe señalar que la topografía del municipio de Benito Juárez es más bien plana, ya que de acuerdo con su Modelo Digital de Terreno (MDT) su mayor altitud no sobrepasa los 21 metros. Por lo que estos peligros son de poca consideración para el municipio.

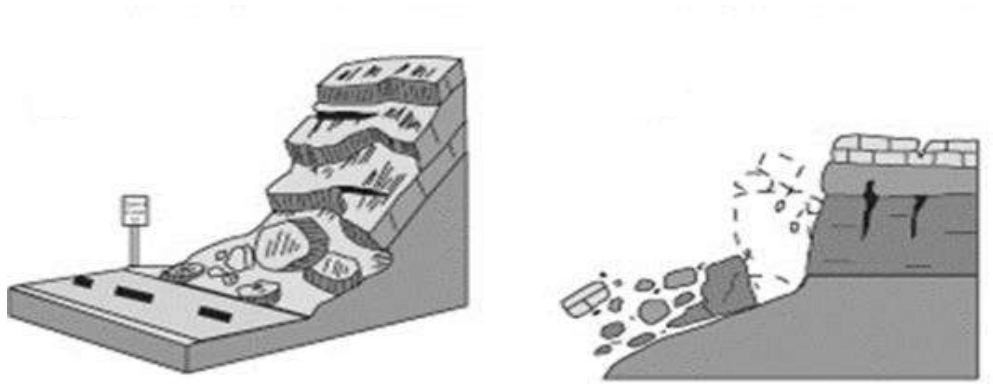
Caídos o derrumbes

Los caídos o derrumbes son movimientos abruptos de suelos y fragmentos aislados de rocas que se originan en pendientes muy fuertes y acantilados, por lo que el movimiento es prácticamente de caída libre, rodando y rebotando (figura 20); incluye:

[4] Centro Nacional de Prevención de Desastres.

A. **Desprendimientos:** Caída de suelos producto de la erosión o de bloques rocosos, atendiendo a discontinuidades estructurales (grietas, planos de estratificación o fracturamiento) proclives a la inestabilidad.
B. **Vuelcos o volteos:** Caída de bloques rocosos con giro hacia adelante y hacia afuera, propiciado por la presencia de discontinuidades estructurales (grietas de tensión, formaciones columnares, o diaclasas) que tienden a la vertical.

Figura 21. A) los caídos de rocas o B) derrumbes obedecen mayoritariamente a pendientes muy fuertes o acantilados (Highland y Bobrowsky, 2008).



A. Caída de rocas **B. Derrumbes**

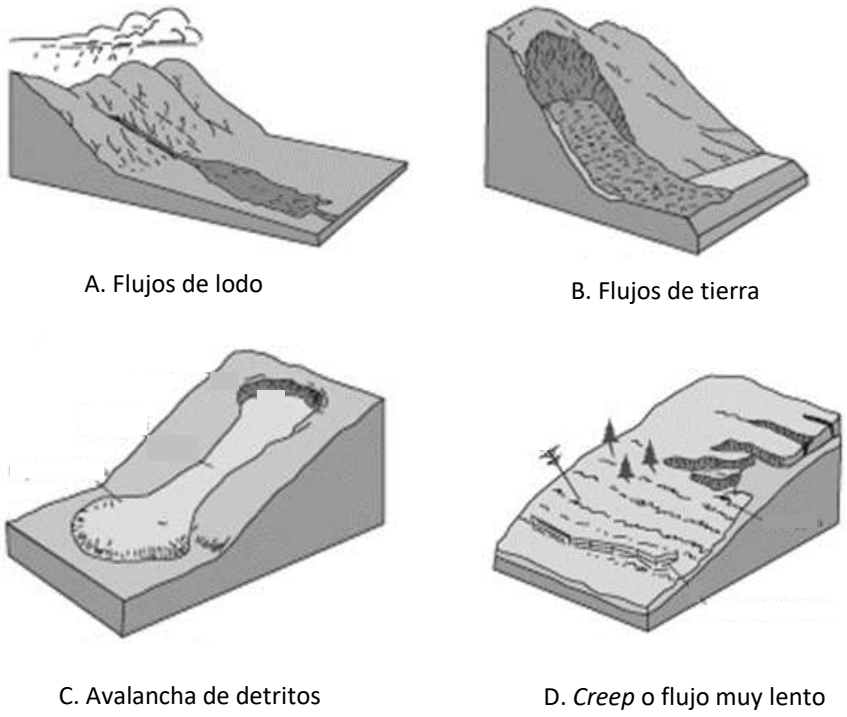
Fuente: Highland y Bobrowsky, 2008

Flujos

Movimientos de suelos y/o fragmentos de rocas pendiente abajo de una ladera, en donde sus partículas, granos o fragmentos tienen movimientos relativos dentro de la masa que se mueve o desliza sobre una superficie de falla (figuras 21 y 22). Los flujos pueden ser de muy lentos a muy rápidos, así como secos o húmedos; pueden distinguirse:

A. **Flujos de lodo:** Masa de suelo y agua que fluye pendiente abajo muy rápidamente, y que contiene por lo menos 50% de granos de arena y limo, y partículas arcillosas.
B. **Flujos de tierra o suelo:** Masa de suelo y agua que fluye pendiente abajo muy rápidamente, y que contiene por lo menos 50% de granos de grava, arena y limo.
C. **Flujos o avalancha de detritos:** Movimiento rápido de una mezcla en donde se combinan suelos sueltos, fragmentos de rocas, y vegetación con aire y agua entrampados, formando una masa viscosa o francamente fluida que fluye pendiente abajo.
D. **Creep o flujo muy lento:** A diferencia de los casos anteriores, es un movimiento constante pero muy lento de suelos y rocas pendiente abajo, en el que no se define con precisión la superficie de falla.
E. **Lahar:** Flujo de suelos o detritos que se origina en las laderas de un volcán, generalmente disparado por lluvias intensas que erosionan depósitos volcánicos, deshielo repentino por actividad volcánica, o bien por rotura o desbordamiento de represas de agua.

Figura 22. *Los flujos o avalanchas dependen de la saturación del suelo por un fluido, por su parte el creep, es un movimiento sumamente lento pero persistente de suelo aparentemente sin una superficie de falla bien definida (Highland y Bobrowsky, 2008).*



A. Flujos de lodo

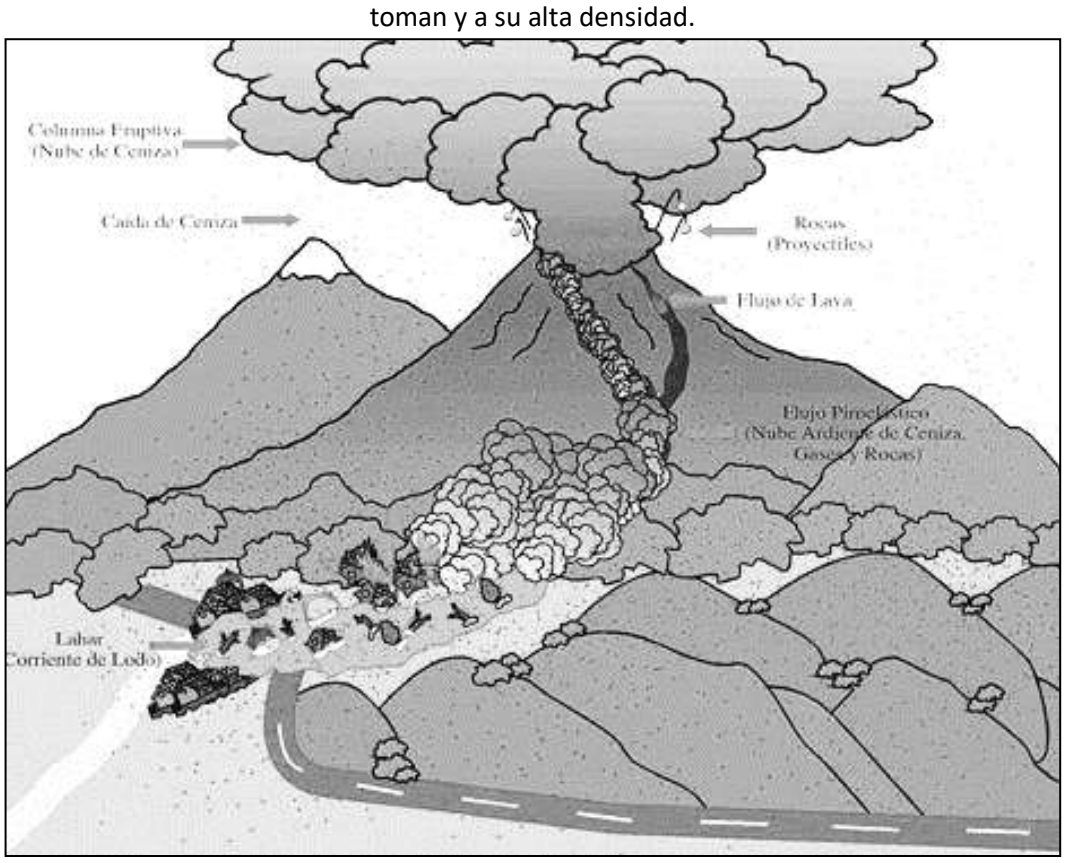
B. Flujos de tierra

C. Avalancha de detritos

D. *Creep* o flujo muy lento

Fuente: Highland y Bobrowsky, 2008

Figura 23. Un lahar hace referencia a una avalancha de productos volcánicos, al ser un flujo en su mayoría busca los cauces de los ríos para seguir su trayectoria. Pueden ser fríos o calientes, dependiendo de las condiciones volcánicas, así como del material que arrastre, altamente destructivos debido a la gran velocidad que toman y a su alta densidad.



Fuente: Highland y Bobrowsky, 2008

Para el municipio de Benito Juárez el peligro de derrumbes, originados en pendientes muy inclinadas y acantilados, donde existe el movimiento de rocas en caída libre, rodando y rebotando, prácticamente no existe, ya que su mayor elevación solo alcanza los 20.5 metros.

El peligro por derrumbes representa uno de los procesos geológicos más destructivos que afectan a los seres humanos, sin embargo, la zona de estudio se encuentra exenta. La amenaza de derrumbes se presenta sobre todo en la época lluviosa o durante períodos de actividad sísmica, pero el territorio quintanarroense no es considerado entre aquellos que registran una actividad telúrica constante.

Por otra parte, en relación con la amenaza de flujos, es decir, donde existe movimiento de los suelos y/o fragmentos de rocas pendiente abajo de una ladera, tampoco existe peligro sobre la zona de estudio, es decir el deslizamiento sobre una superficie de falla es poco probable que se presente en el municipio, ya que no existen fallas geológicas localizadas en su territorio.

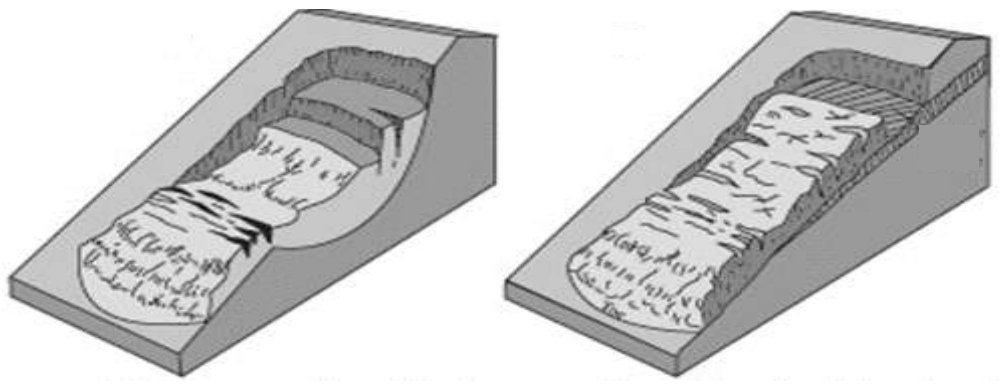
Inestabilidad de laderas

Movimientos de una masa de materiales térreos pendiente abajo, sobre una o varias superficies de falla delimitadas por la masa estable o remanente de una ladera. Por la forma de la superficie de falla (figura 23), se distinguen:

Rotacionales: Deslizamientos en los que su superficie principal de falla resulta cóncava hacia arriba (forma de cuchara o concha), definiendo un movimiento rotacional de la masa inestable de suelos y/o fragmentos de rocas con centro de giro por encima de su centro de gravedad. Frecuentemente, estos deslizamientos rotacionales ocurren en suelos arcillosos blandos, aunque también se presentan en formaciones de rocas blandas muy intemperizadas.

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

Figura 24. *A) los deslizamientos rotacionales y B) traslacionales definen su ocurrencia por el comportamiento de la superficie de falla del material remanente de una pendiente (Highland y Bobrowsky, 2008).*



A. Deslizamiento rotacional **B. Deslizamiento traslacional**

Fuente: Highland y Bobrowsky, 2008

De acuerdo con Terzagui (1950), la estabilidad general de una ladera depende de los factores internos y externos, y su análisis se realiza a partir de la definición de las fuerzas actuantes y de las fuerzas resistentes. Por su parte, González de Vallejo (2002), los factores condicionantes para este peligro son los que dependen de su propia naturaleza, estructura y forma de terreno. Entre los cuales se encuentran:

- Litología
- Discontinuidades del terreno
- Hidrogeología
- Intemperismo
- Pendiente
- Uso de suelo

Por otra parte, se encuentran los factores desencadenantes, es decir, factores externos que provocan o desencadenan la inestabilidad, los cuales pueden ser:

- Lluvias
- Sismos
- Actividad volcánica
- Actividad humana (sobrecargas, fugas de agua)

Asimismo, podemos definir *susceptibilidad de laderas* como: una propiedad del terreno que indica que tan favorables o desfavorables son las condiciones de éste, para que pueda ocurrir la inestabilidad, y se refiere

solamente a factores intrínsecos a los materiales naturales de la ladera, sin considerar factores desencadenantes, como sería el caso de la precipitación o la sismicidad.

Se aplicó una metodología para estimar cualitativamente la amenaza de deslizamiento para el municipio de Benito Juárez basada en la asignación de valores numéricos a cada uno de los factores influyentes, según sus atributos. Lo anterior para comprobar la baja susceptibilidad o la inexistencia de este peligro en el municipio. Esta metodología empírica es de naturaleza cualitativa y está basada en la metodología propuesta por Suárez (1998) y modificada por Moral (2014), incorporando a la anterior modificaciones y criterios más amplios a la hora de estudiar los factores de susceptibilidad en el municipio.

Se basa en la asignación de valores numéricos a cada uno de los factores influyentes según sus atributos (Tabla 87, 88 y 89). Tales factores reúnen aspectos topográficos, geotécnicos, históricos, geomorfológicos y ambientales. En función de la suma total de las calificaciones asignadas, se establecen cinco grados de la amenaza de deslizamiento, desde muy baja hasta muy alta (Tabla 90). Estos valores obtenidos solo deben considerarse indicativos, y deberán revisarse periódicamente.

Tabla 87. Factores topográficos e históricos.

Formato para la evaluación de susceptibilidad a los deslizamientos						
1. FACTORES TOPOGRÁFICOS E HISTÓRICOS						
Factor	**Categorías**	**Atributo relativo**	**Observaciones**	**Calificación zonas**		
				A	**B**	**C**
Inclinación de los taludes (pendiente)	Más de 45°	2.0	Estimar el valor medio.			
	35° a 45°	1.8				
	25° a 35°	1.4				
	15° a 25°	1.0				
	Menos de 15°	0.5				
Altura	Menos de 50 m	0.6	Desnivel entre corona o fondo de la cañada.			
	50 a 100 m	1.2				
	100 a 200 m	1.6				
	Más de 200 m	2.0				
Antecedentes de deslizamientos en el sitio, área o región	No se sabe	0.3	Reseñas verosímiles de lugareños.			
	Algunos someros	0.4				
	Sí, incluso con fechas	0.6				

Fuente: Suárez J., (1998) y Moral, L. (2014).

Tabla 88. Factores geológicos y geotécnicos.

2. FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOTÉCNICOS						
Factor	**Categorías**	**Atributo relativo**	**Observaciones**	**Calificación zonas**		
				A	**B**	**C**
Tipo de suelos o rocas	Suelos granulares medianamente compactos a sueltos. Suelos que se reblandecen con la absorción de agua. Formaciones poco consolidadas.	1.5 a 2.5	Vulnerable a la erosión; o suelos de consistencia blanda.			
	Rocas metamórficas y poco a muy intemperizadas.	1.2 a 2.0				
	Suelos arcillosos consistentes o arenosos limosos compactos	0.5 a 1.0	Multiplicar por 1.3 si está agrietado			
	Rocas sedimentarias (calizas, areniscas, conglomerados, etc.)	0.3 a 0.6	Multiplicar por 1.2 a 1.5 según el grado de meteorización.			
	Rocas ígneas sanas (granito, basalto, riolita, tobas, etc.)	0.2 a 0.4	Multiplicar por 2 a 4 según el grado de meteorización.			
Espesor de la capa de suelo	Menos de 5 m	0.5	Revísense cortes y cañadas; o bien, recúrrase a exploración manual.			
	5 a 10 m	1.0				
	10 a 15 m	1.4				
	15 a 20 m	1.8				

Fuente: Suárez J., (1998) y Moral, L. (2014).

Tabla 89. Factores geomorfológicos y ambientales.

3. FACTORES GEOMORFOLÓGICOS Y AMBIENTALES						
Factor	**Categorías**	**Atributo relativo**	**Observaciones**	**Calificación zonas**		
				A	**B**	**C**
Evidencias geomorfológicas de “huecos” en laderas contiguas	Inexistentes	0.0	Formas de conchas o de embudo (flujos).			
	Volúmenes moderados	0.5				
	Grandes volúmenes faltantes	1.0				
Vegetación y uso de tierra	Zona urbana	2.0	Considérese no sólo la ladera, sino también la plataforma en la cima.			
	Cultivos anuales	1.5				
	Vegetación intensa	0.0				
	Vegetación moderada	0.8				
	Área deforestada	2.0				
Régimen del agua en la ladera	Nivel freático superficial	1.0	Detectar posibles emanaciones de agua en el talud.			
	Nivel freático inexistente	0.0				
	Zanjas o depresiones donde se acumule agua en la ladera o la plataforma	1.0				
			SUMATORIA			

Fuente: Suárez J., (1998) y Moral, L. (2014).

Tabla 90. Escala de valor para el cálculo de deslizamiento de laderas.

ESCALA DE VALORES DE LA ESTIMACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD			
Estratificación de la amenaza			**Suma de Calificaciones**
5	Muy alta		Más de 100
4	Alta		85 a 100
3	Media		70 a 85
2	Baja		50 a 70
1	Muy baja		Menos de 50

Fuente: Suárez J., (1998) y Moral, L. (2014).

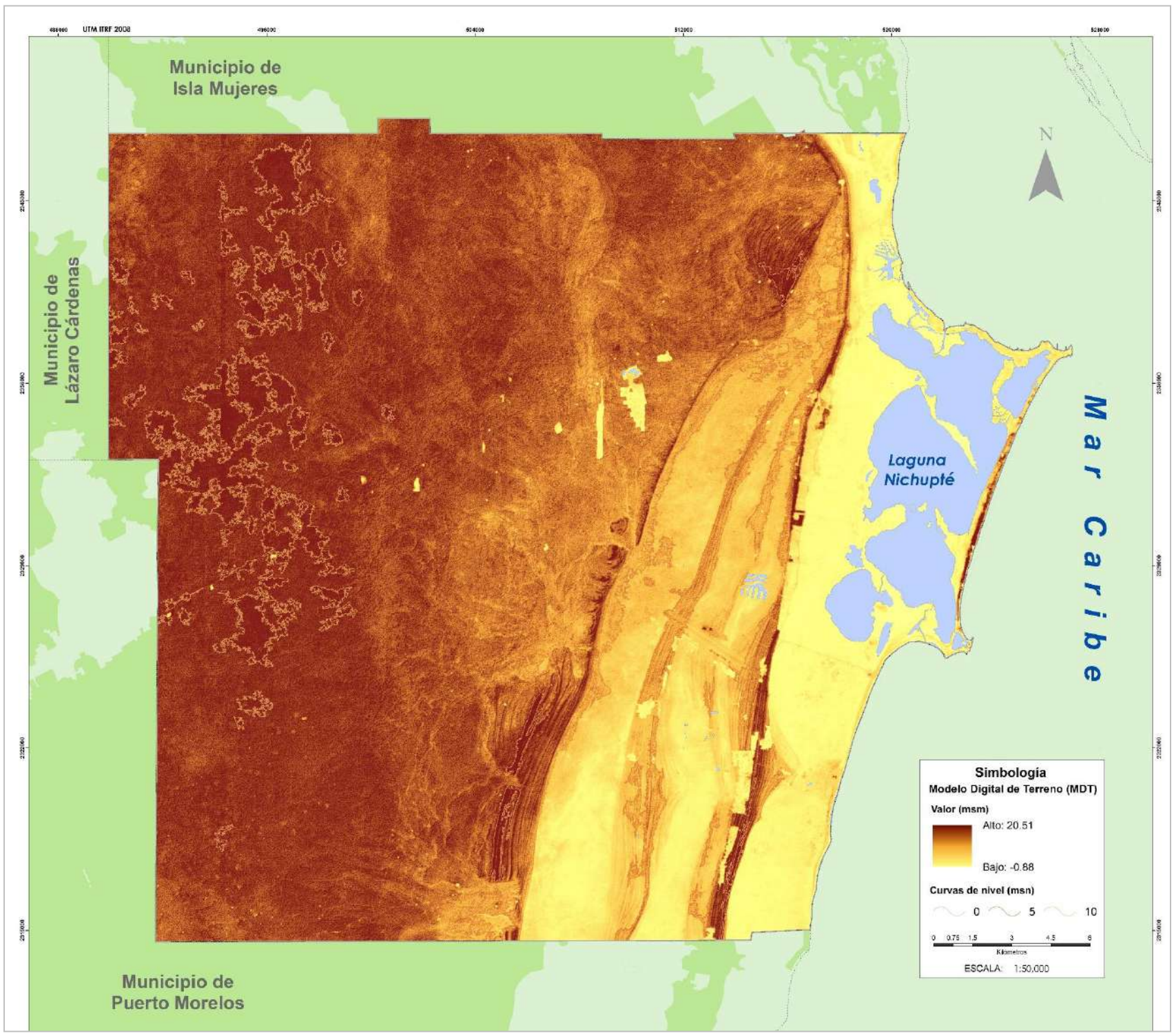
Cálculo de la inestabilidad de laderas para Benito Juárez

Se llevó a cabo una serie de geoprocesos para este análisis, con base en las metodologías de Suárez (1998) y Moral (2014), que consistió en la combinación de capas de información para obtener los parámetros a medir.

Factores topográficos e históricos

Para representar la topografía del terreno del municipio de Benito Juárez, representada en la figura 24, la fuente oficial de los datos se obtuvo del Continuo de Elevaciones Mexicano 3.0 (CEM 3.0) – INEGI el Modelo Digital del Terreno (MDT).

Figura 25. Modelo Digital del Terreno de Benito Juárez.



Fuente: Elaboración propia

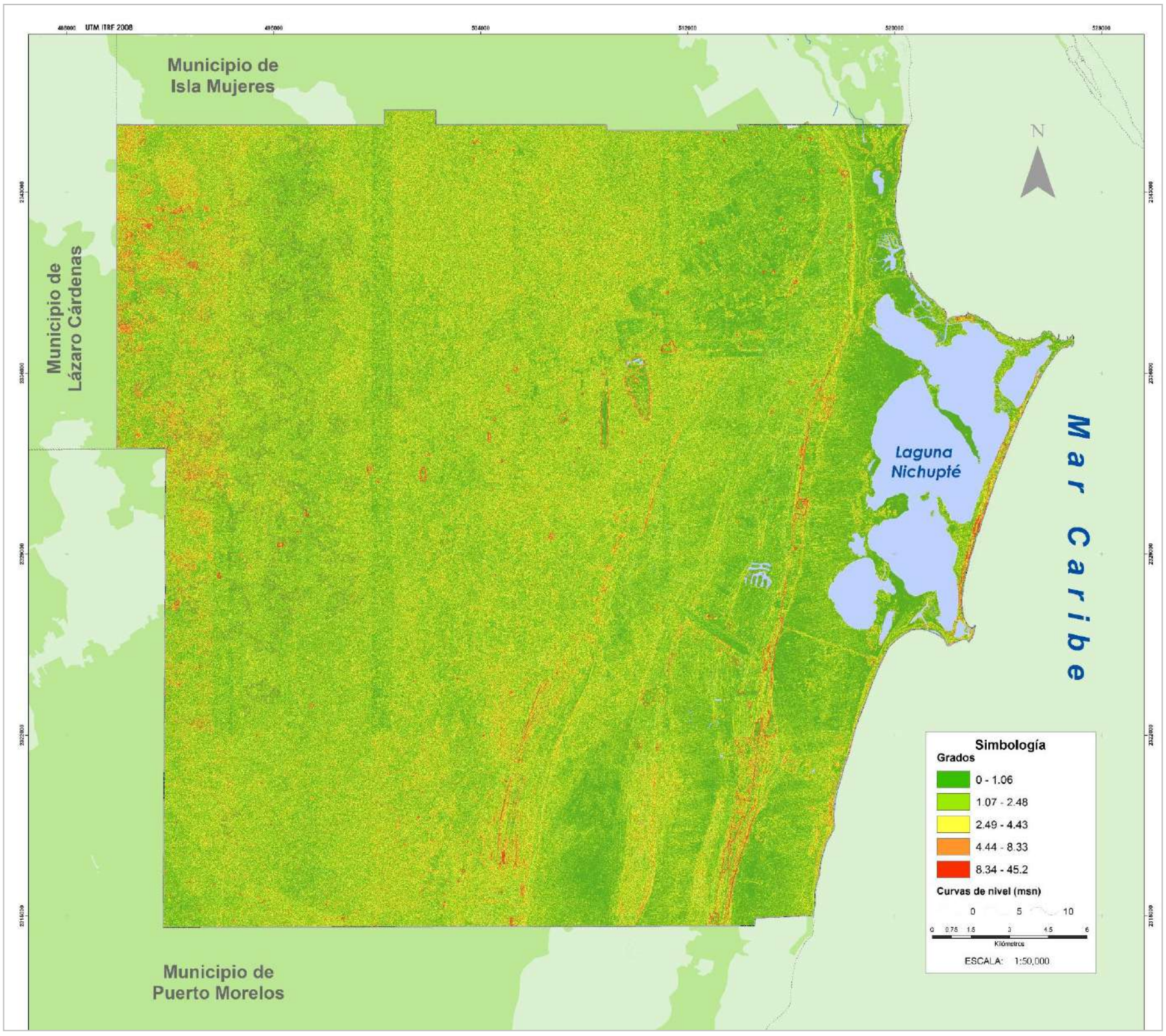
A partir de este modelo se crearon diferentes capas de información para su utilización en posteriores análisis.

Pendiente

La pendiente del terreno identifica el gradiente o tasa de cambio en el valor z desde cada celda de la superficie del raster a partir de los ocho vecinos más próximos de la celda central (3 x 3).

El rango de valores en la salida depende del tipo de unidades de medida. En este caso para los grados, el rango de valores de pendiente es de 0° a 90°. La mayor pendiente se simboliza de color rojo, teniendo un rango entre 8.34° y 45.2°, distribuidas por todo el municipio, principalmente en su Zona Hotelera, también en el límite oeste cerca del área de inundación y al noroeste (figura 25).

Figura 26. Pendiente del terreno.



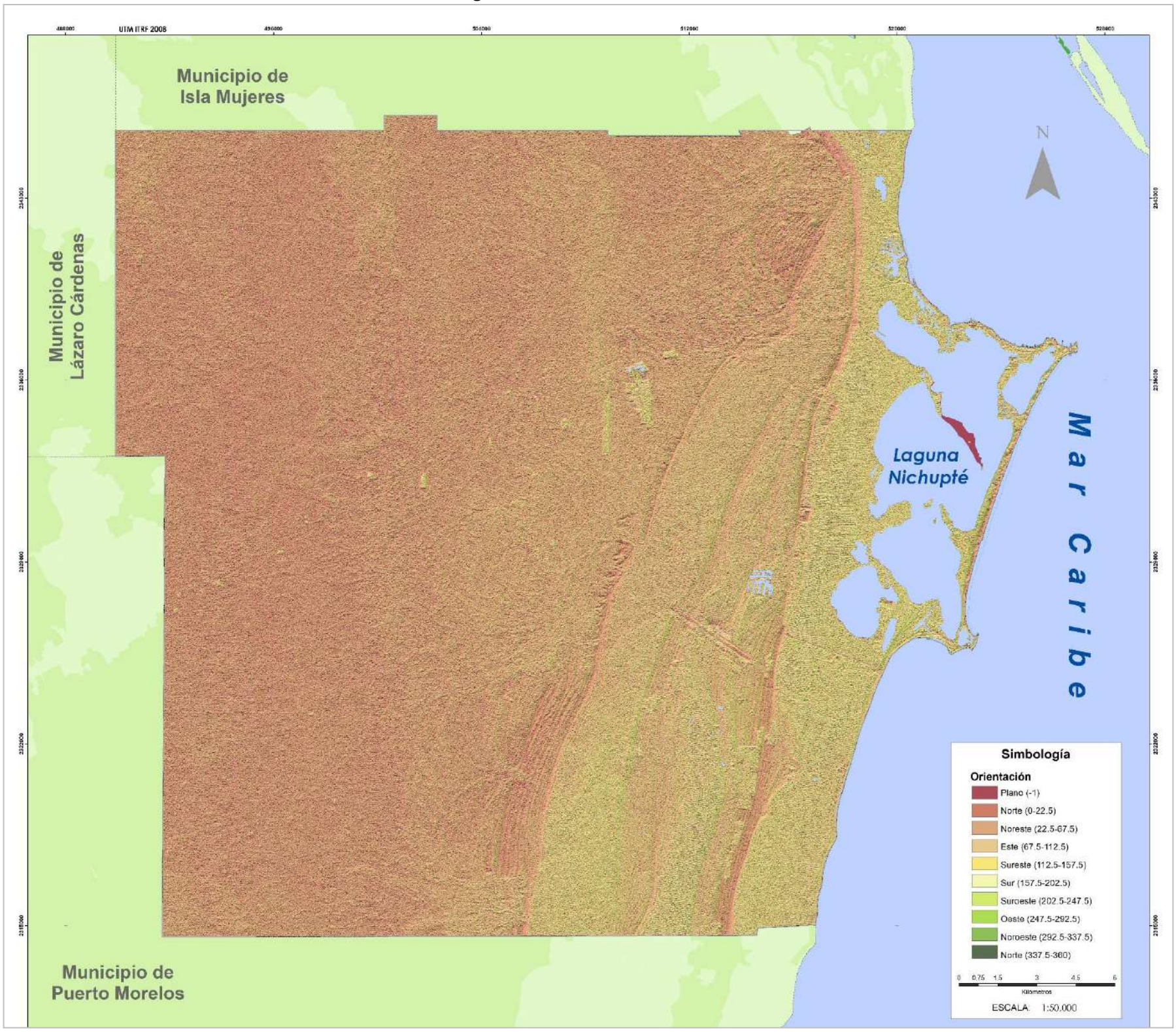
Fuente: Elaboración propia

Orientación

La orientación en un punto puede definirse como el ángulo existente entre el vector que señala el Norte y la proyección sobre el plano horizontal del vector normal a la superficie en ese punto. Se expresa en grados positivos de 0 a 359.9, medido en sentido horario desde el norte. Para la zona de estudio la orientación se encuentra mayoritariamente al Norte donde la pendiente tiene una mínima inclinación (figura 26).

A partir de los factores de orientación, inclinación y altura de ladera (figuras 24, 25 y 26) se obtiene el desnivel de pendientes para prevenir posibles deslizamientos de rocas o de agua. Sin embargo, y como ya se señaló, para el municipio de Benito Juárez estos factores son pequeños como se puede observar, no obstante, si se puede observar el plisado del relieve, desde su parte norte hacia el este a travesando todo el territorio, lo cual tuvo lugar a partir de su formación geológica, y cercano a su litoral una zona plana dentro de la Laguna Nichupté.

Figura 27. Orientación de laderas



Fuente: Elaboración propia

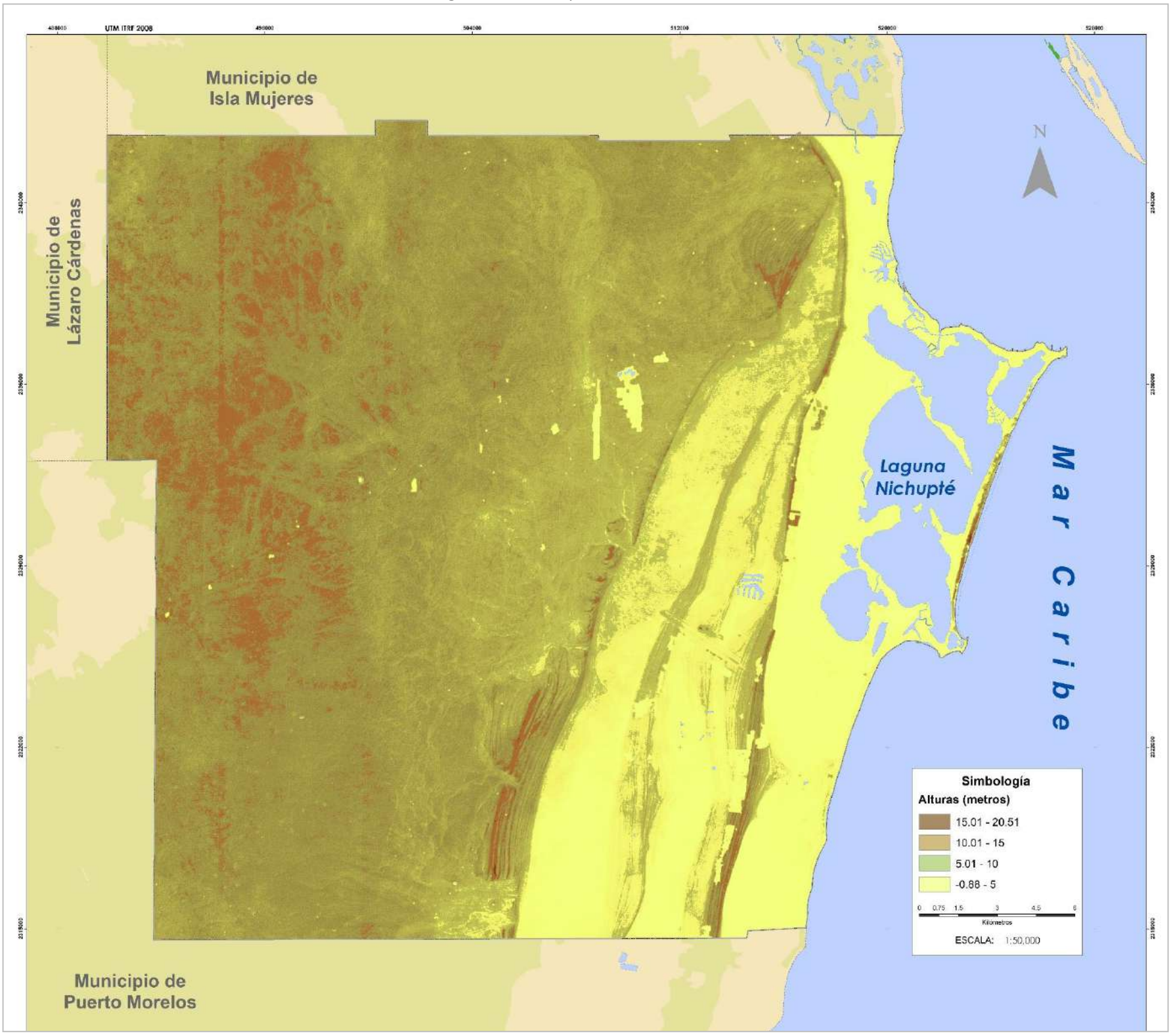
Alturas

Se muestran la altitud del terreno a partir del CEM 3.0 – INEGI, para identificar el desnivel entre la corona y el valle o fondo de las hondonadas del municipio de Benito Juárez (figura 27).

La zona de estudio tiene una altura máxima de 20.51 metros y alturas mínimas de casi menos un metro bajo el nivel del mar cerca de su litoral. Siendo una zona de planicie cuenta con un promedio de altura aproximada de 6.63 metros.

Las mayores alturas se localizan en pequeñas regiones al oeste del municipio, cercano a los municipios de José Ma. Morelos y Lázaro Cárdenas. Dentro de su zona urbana de la ciudad de Cancún también se pueden localizar alturas entre 15 a 20 metros.

Figura 28. Altura promedio del terreno



Fuente: Elaboración propia

Factores geológicos y geotécnicos

Tipos de rocas y suelo

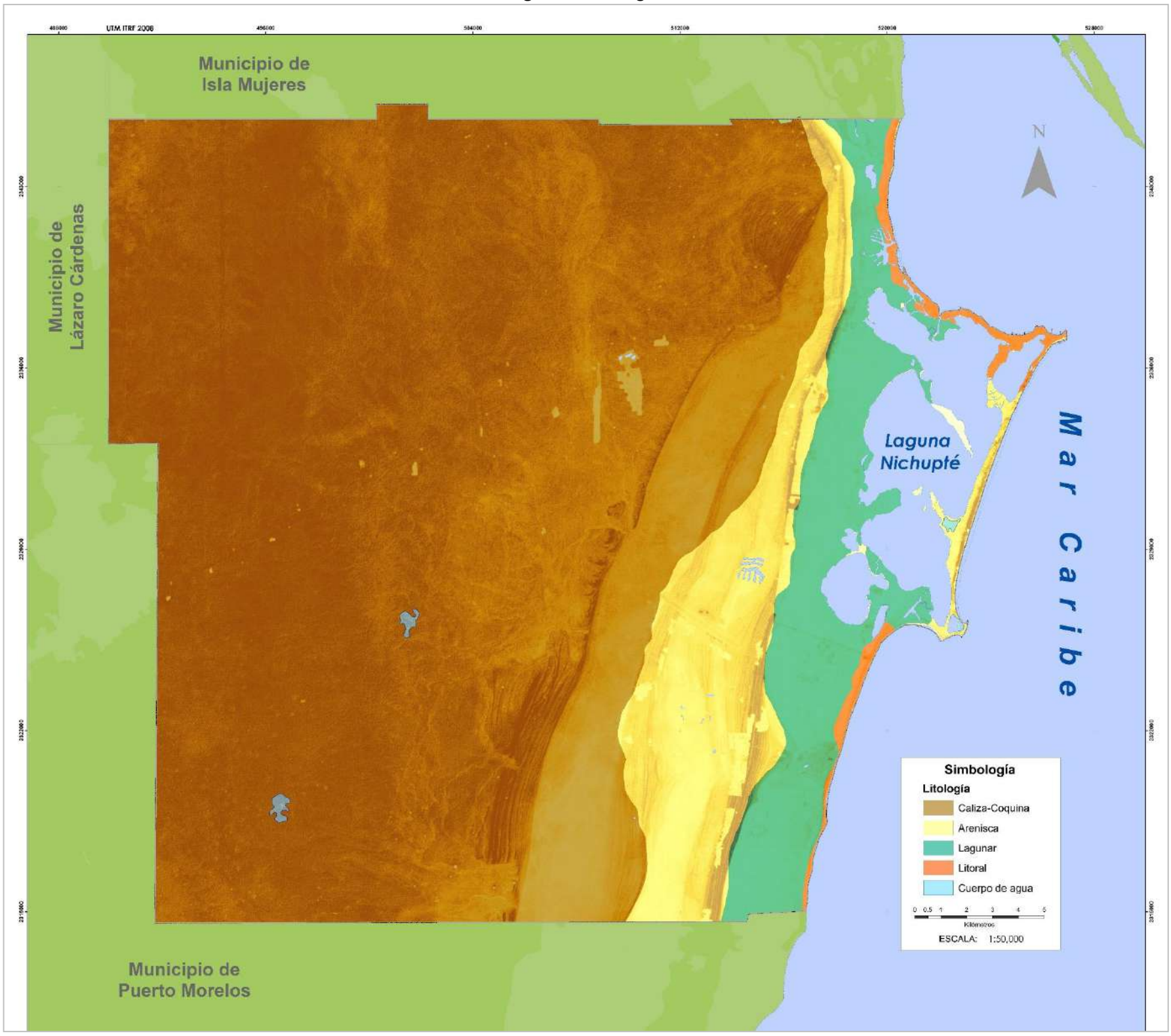
En función del proceso de formación geológica, la roca predominante del municipio son rocas sedimentarias de la Era Cenozoica, del Periodo Cuaternario y Neógeno (Tabla 91 y figura 28). Compuestas principalmente por minerales de carbonato cálcico, es decir, abundan las rocas calizas-coquina, seguida de arenisca, lagunar y litoral. Las rocas lagunares y de litoral son depósitos recientes. La litología del municipio debe su formación de la sedimentación de otras rocas o restos orgánicos. Básicamente, corresponden a erosión (mecánica, química o biológica) y al transporte por corrientes de agua, así como de agregados fracturados mecánicamente por procesos naturales como la precipitación y elevadas temperaturas, dando lugar a esos depósitos de areniscas, principalmente. Las arcillas, arenas, piedras y rocas son útiles en el municipio en la industria de la construcción para la obtención de polvo de piedra, gravilla y grava, entre otros productos (figura 29).

Tabla 91. Litología del municipio de Benito Juárez.

Era	Periodo	Edad inicial	Edad final	Litología
Cenozoica	Cuaternario	Pleistoceno	Pleistoceno	Arenisca
Cenozoica	Cuaternario	Mioceno	Plioceno	Caliza-Coquina
Cenozoica	Neógeno	Holoceno	Holoceno	Lagunar
Cenozoica	Cuaternario	Holoceno	Holoceno	Litoral

Fuente: Servicio Geológico Mexicano.

Figura 29. Litología.



Fuente: Elaboración propia

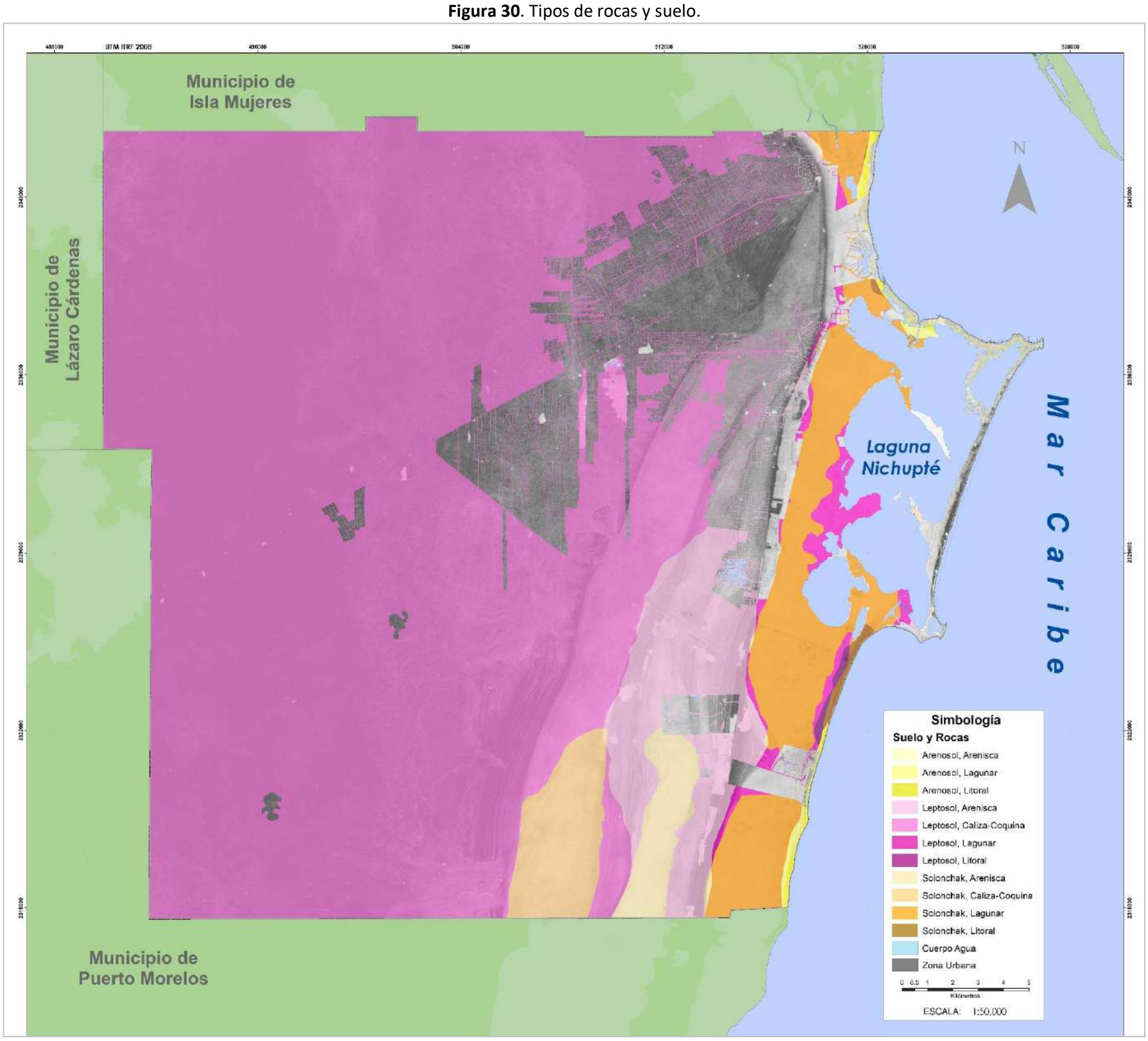
Por otro lado, la capa superficial del territorio del municipio de Benito Juárez, a partir de la descomposición de las rocas y factores climáticos, dieron origen a una variedad de suelos en el municipio. Mencionados a detalle en apartados anteriores. Los suelos predominantes son los tipos *Arenosol*, *Leptoso*l, *Solonchak* (ver mapa I.4.3).

En la figura 29, se observa la combinación de rocas y suelos dominantes como uno de los factores que intervienen en el cálculo de la susceptibilidad.

A partir de lo anterior, se define el espesor del suelo muy pequeño y homogéneo en toda la zona de estudio, ya que la mayor parte del territorio está cubierta por unidades de *Leptosole*s con calizas-coquinas en la mayor parte, además de estar combinados con areniscas hacia la parte litoral y lagunar, que como se ha comentado se

caracteriza por su escasa profundidad (menor a 25 cm), por tanto, el peso que aporta este factor es el mínimo y es el mismo para todo el municipio.

Figura 30. Tipos de rocas y suelo.



Fuente: Elaboración propia

Factores geomorfológicos y ambientales

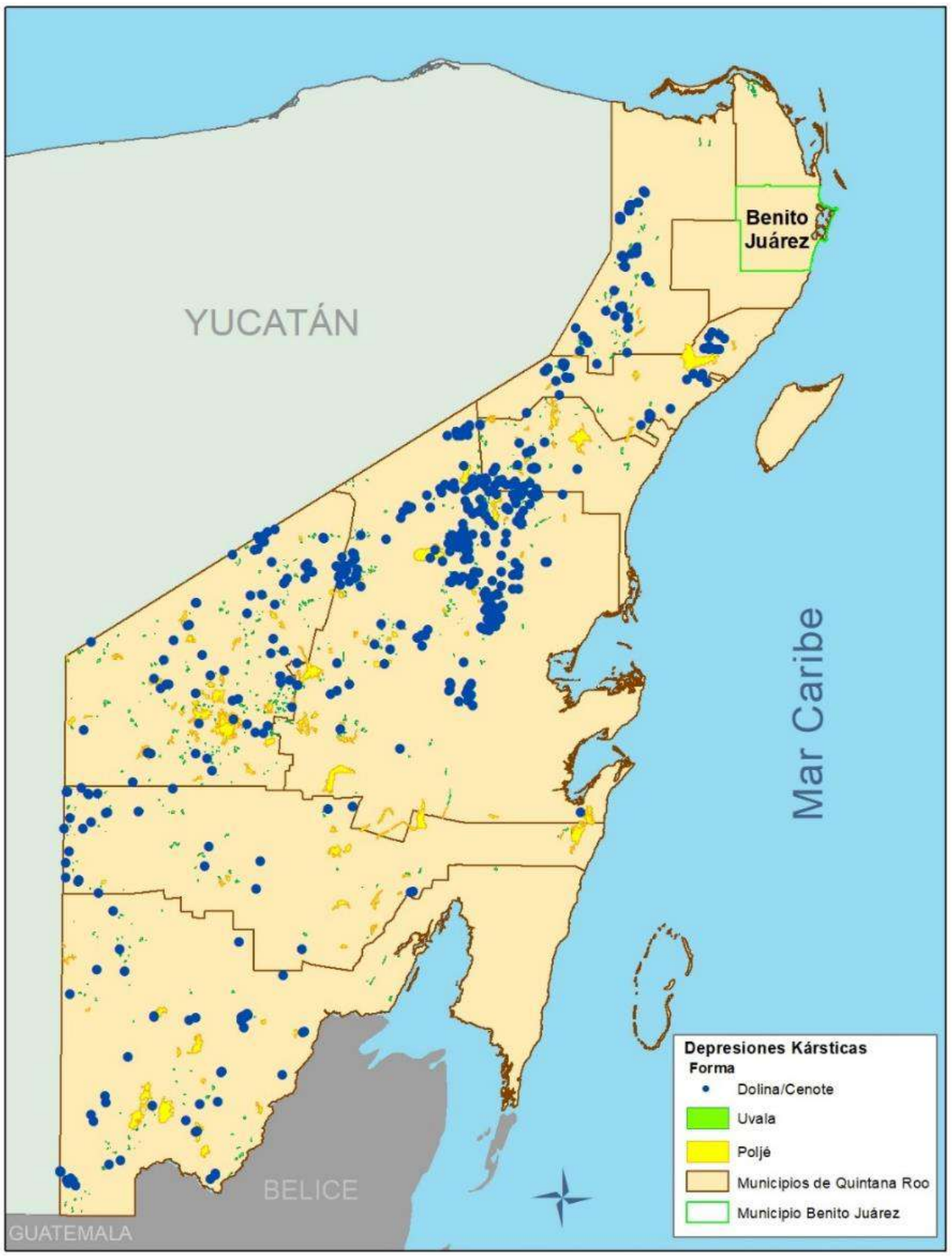
Evidencias geomorfológicas de "huecos" en laderas contiguas

Quintana Roo se caracteriza por ser una planicie con piso rocoso (caliza) con una altura media de 50 msnm**.** El municipio de Benito Juárez, por su parte, cuenta con una altura promedio solamente de 6.63 msnm, predominando planicies, no laderas.

El relieve kárstico en Quintana Roo se ha tenido que dividir en dos zonas, el *endokarst* y el *exokarst*. La topografía del *karst* se desarrolla por etapas, la combinación de los procesos de disolución da origen a las dolinas, que pueden presentarse de manera aislada o agrupada; estos procesos igualmente pueden ocasionar depresiones mayores con áreas progresivamente más grandes, originando uvalas y poljes (Fragoso-Servón et al., 2014), y están tanto en la superficie como en el subsuelo. Por la filtración y concentración del agua, principalmente en el subsuelo, el colapso de una dolina permite la entrada a un sistema subterráneo de cuevas, formándose huecos en el terreno. Los cenotes son dolinas inundadas de origen kárstico, los cuales pueden ser de diferentes tipos: a cielo abierto, semiabiertos y subterráneos o en gruta.

El municipio de Benito Juárez se localiza al norte del Estado, con una altitud máxima de casi 21 metros, donde no se aprecian depresiones kársticas evidentes. Lo que se puede apreciar en la figura 30, realizada con base en las investigaciones y cartografía realizada por Fragoso-Servon, et al. (2014) y Frausto, et al. (2010). El municipio, más que nada se encuentra relacionado son sistemas lagunares de su franja costera. Por lo que se puede concluir que en Benito Juárez no existen evidencias de "huecos" en laderas contiguas.

Figura 31. Depresiones kársticas en Quintana Roo con base en Fragoso-Servón, et al. (2014).



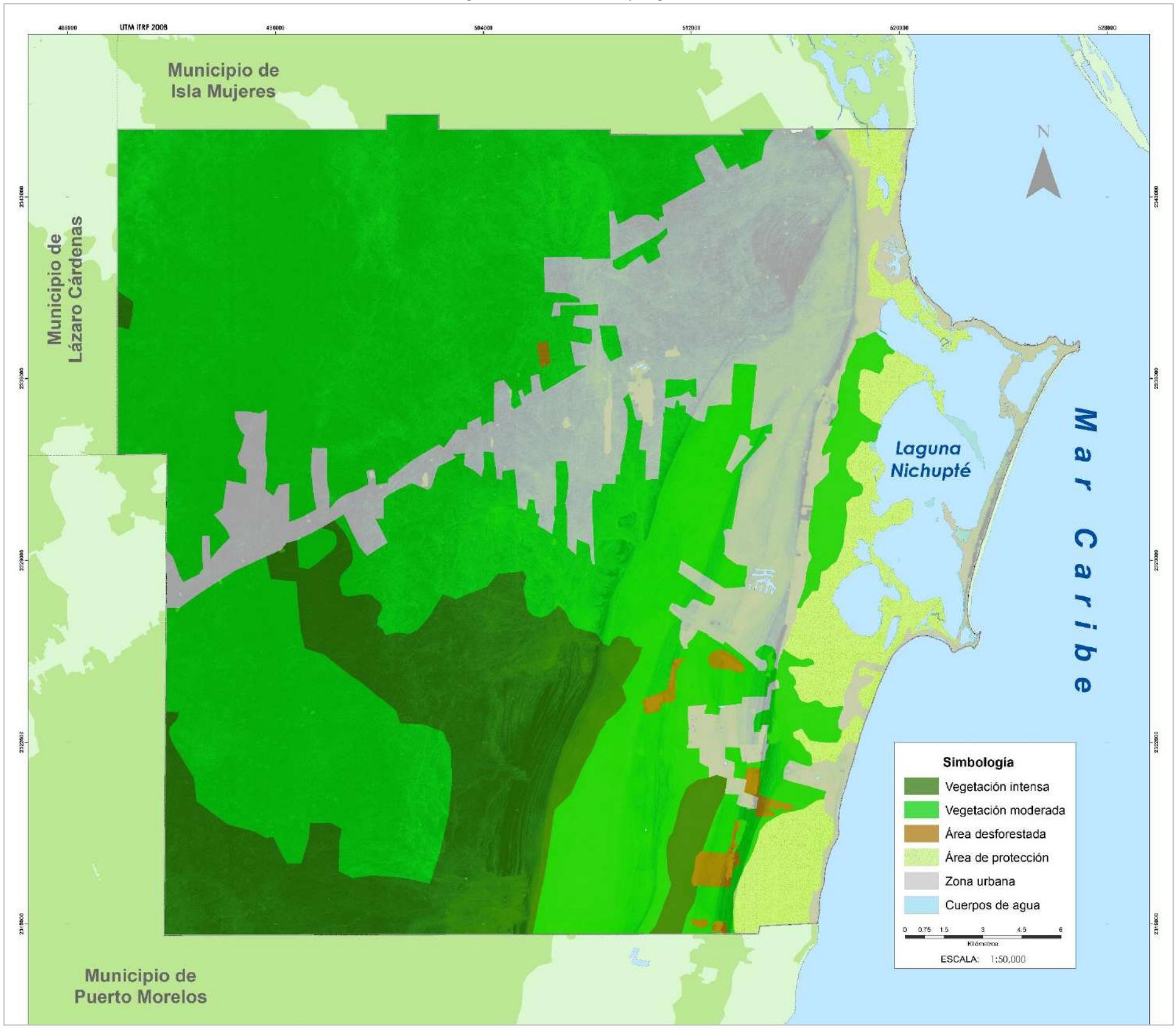
Fuente: Elaboración propia

Vegetación y uso de tierra

Se realizó una reclasificación de los usos del suelo del municipio de Benito Juárez hasta agruparlos en cinco categorías (figura 31): vegetación intensa, vegetación moderada, área desforestada, área de protección y zona urbana, de acuerdo con la metodología de Moral (2014).

La mayor parte del territorio de Benito Juárez tiene vegetación moderada, principalmente ocupada por vegetación secundaria. Esta vegetación se encuentra asociada a suelos delgados como son los *Leptosoles*. Parte del territorio se encuentra cubierta por selva, más hacia su parte suroeste, sin embargo, es un gran porcentaje el que se encuentra ocupado por asentamientos humanos (zona urbana), que se complementa con cuerpos de agua superficiales.

Figura 32. Uso de suelo y vegetación.



Fuente: Elaboración propia

Régimen del agua en la ladera

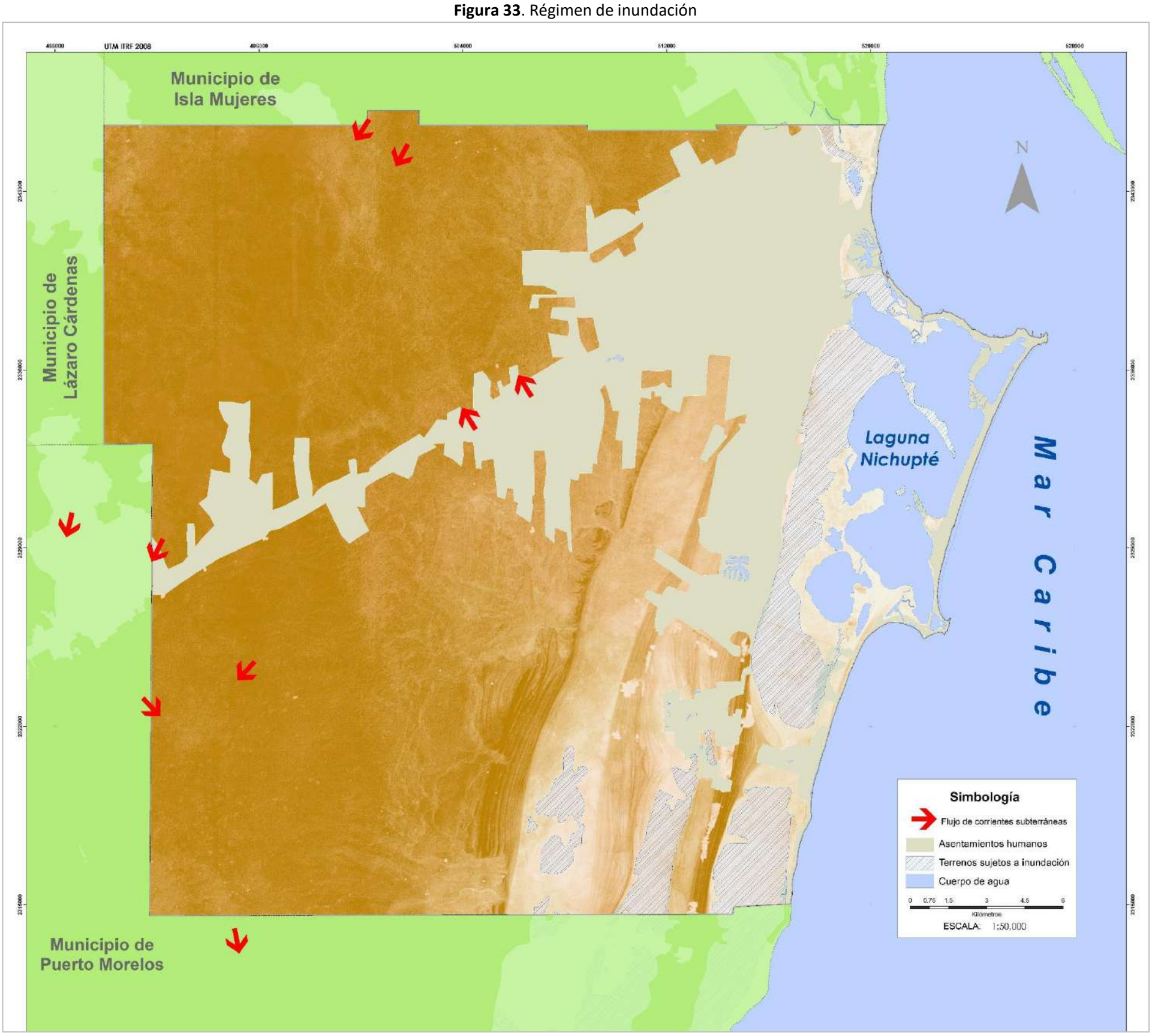
Para el factor geomorfológico y ambiental, llamado régimen de agua en la ladera, si bien no existen laderas de importancia en el municipio, la acumulación de agua afecta principalmente su parte baja, al Este cercana a la costa y la parte Suroeste de la zona de estudio.

Como ya se ha mencionado, Quintana Roo se encuentra sobre planicies kársticas, en la mayor parte de su territorio, por donde existe flujos de corrientes subterráneas, en el caso del municipio de Benito Juárez estas se encuentran más en su parte Oeste, las cuales se señalan en flechas rojas (figura 32).

Los terrenos sujetos a inundación se muestran en azul en la figura 32, donde se aprecia claramente que es toda la parte baja del municipio, donde inicia su franja litoral hacia el oeste, donde, de igual manera inicia la zona urbana. Sin embargo, se aprecian 2 zonas más, una al norte y otra al sur, en su parte conurbada con el municipio de Isla Mujeres al norte y cercana al Hotel Moon Palace al sur.

Cabe señalar, que los valores propuestos para calificar los diversos atributos de una ladera para el municipio de Benito Juárez deben considerarse sólo indicativos.

Figura 33. Régimen de inundación



Fuente: Elaboración propia

Se realizaron modificaciones a las tablas originales de Suárez (1998) y Moral (2014), para este cálculo, al factor altura se consideró como el desnivel entre la máxima altura y la mínima para la zona de estudio, antecedentes de deslizamiento no han existido (por la altura máxima alcanzada en el municipio es difícil que se presente este peligro), los aspectos estructurales en formaciones rocosas no se han tenido en cuenta por las características de la zona de estudio y los pesos para nivel freático no se evaluaron debido a la falta de información.

Se procedió a la integración de la información recopilada, a través de un Sistema de Información Geográfica. Llevando a cabo geoprocesamientos para la homogenización y tratamiento de los datos.

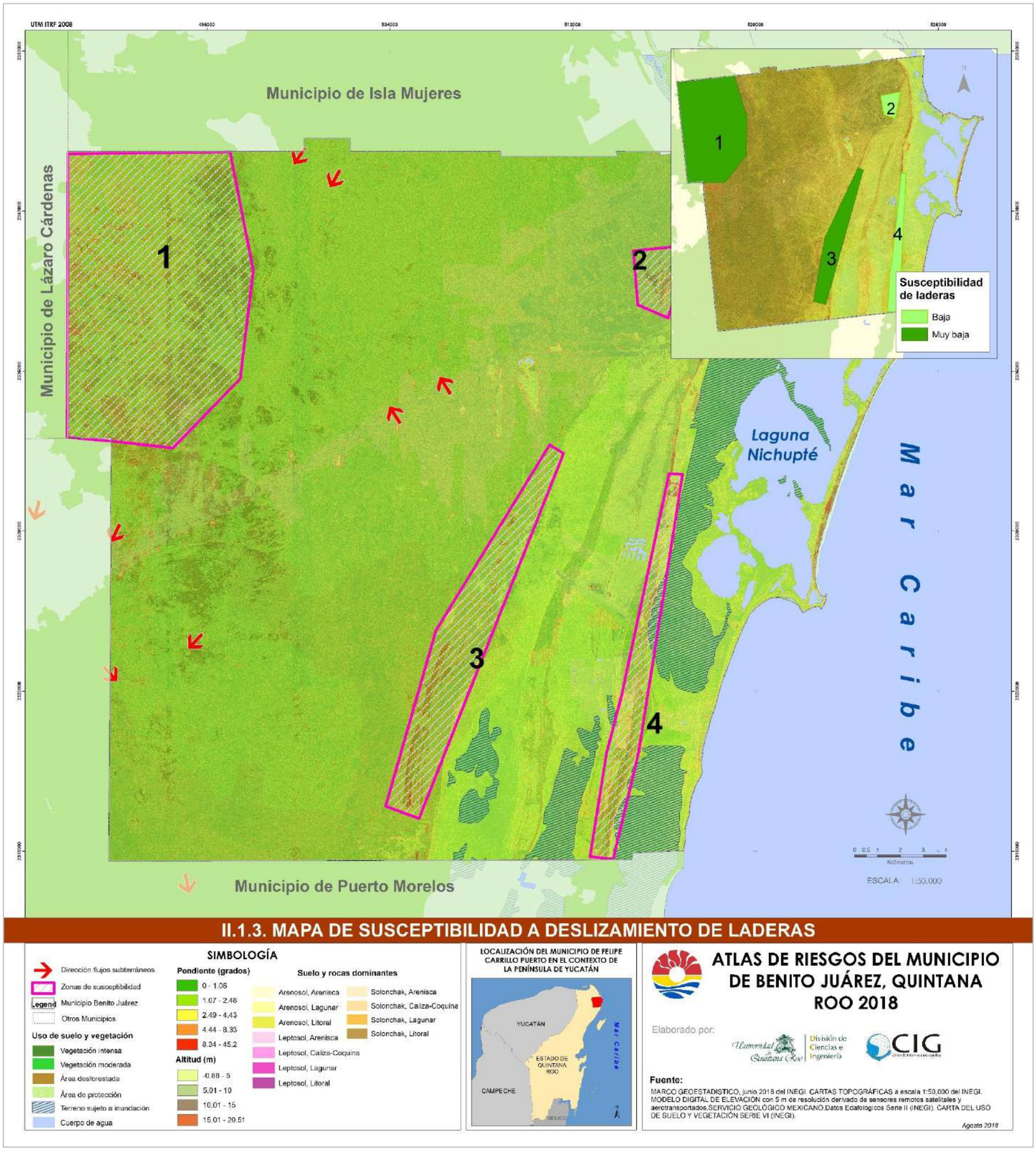
A continuación, se muestra la tabla modificada de la metodología original, en la que se eliminaron factores que no se tuvieron en cuenta para el cálculo y los pesos originales han sido multiplicados por 10 para introducirse como número enteros. A partir de las capas de información se identificaron cuatro zonas para evaluar (Z1 a la Z4) de acuerdo con la metodología utilizada y a las modificaciones realizadas (Tabla 92).

Tabla 92. Asignación de pesos en cada zona identificada y analizada.

FACTORES DE SUSCEPTIBILIDAD		CAPA DE DATOS	PESO O ATRIBUTO RELATIVO Z1	Z2	Z3	Z4
	FACTORES TOPOGRÁFICOS E HISTÓRICOS					
Inclinación de los taludes (pendiente)		Pendientes	**5**	**5**	**5**	**5**
Altura		MDT	**6**	**6**	**6**	**6**
Antecedentes de deslizamientos en el sitio, área o región		Protección Civil	**3**	**3**	**3**	**3**
	FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOTÉCNICOS					
Tipo de suelos o rocas		Edafología y litología	**20**	**20**	**20**	**25**
Espesor de la capa de suelo		Edafología	**5**	**5**	**5**	**5**
	FACTORES GEOMORFOLÓGICOS Y AMBIENTALES					
Evidencias geomorfológicas de “huecos” en laderas contiguas		Dolinas, uvalas y poljes	**0**	**0**	**0**	**0**
Vegetación y uso de tierra		Vegetación y usos suelo	**8**	**20**	**0**	**8**
Régimen del agua en la ladera		Terrenos sujetos a inundación, cuerpos de agua, corrientes superficiales y subterráneas	**0**	**0**	**0**	**10**
		SUMATORIA	**47**	**59**	**39**	**62**

Fuente: Elaboración propia a partir de Suárez J., (1998) y Moral, L. (2014).

Atendiendo a esta clasificación, se obtuvo también el mapa de susceptibilidad (mapa II.1.3) a partir de las variables anteriores, donde se puede advertir con claridad las diferentes zonas con distinta susceptibilidad. La mayoría de la zona de estudio tiene una susceptibilidad baja a sufrir deslizamientos de ladera, casi imperceptible. La zona que sobresale es la zona 4 (62), no obstante, de acuerdo con la escala de valores utilizada la zona 4 alcanza la calificación de baja al igual que la zona 2 (Tabla 92). Las zonas restantes son calificadas como muy bajas.



Hundimientos

Los desastres causados por actividades antropogénicas están presentes en la mayoría de las situaciones de desastre asociadas a sitios de riesgo. La presencia de hundimientos en los territorios es algo que se ha producido durante décadas, sin embargo, debido a la extracción excesiva de agua subterránea durante las épocas de sequía en algunos lugares, los hundimientos se producen más deprisa, poniendo a las infraestructuras de la superficie en un riesgo creciente de sufrir daños.

Los hundimientos de suelos son movimientos de la superficie terrestre en el que predomina el sentido vertical descendente y que tiene lugar en áreas de muy baja pendiente. Pueden ser inducidos por distintas causas y se puede desarrollar con velocidades muy rápidas o lentas según sea el mecanismo que da lugar a la inestabilidad.

La causa de los colapsos implica el fallo de la estructura geológica que sostiene una porción del terreno bajo el cual existe una cavidad, lo que puede venir motivado por la disolución de las rocas hasta el límite de la resistencia de los materiales o el vaciado de los acuíferos o en general por el debilitamiento por meteorización física o química de una estructura que alberga una cavidad.

El examinar un mapa geológico de un lecho rocoso puede servir para determinar si un lugar en particular tiene fundamentos de piedra caliza calcárea. Las rocas a base de calcio pueden ser el fundamento de grandes áreas, razón para no construir en esa zona. Sin embargo, vale la pena considerar que los hundimientos son relativamente raros aún en áreas fundamentadas con rocas a base de calcio.

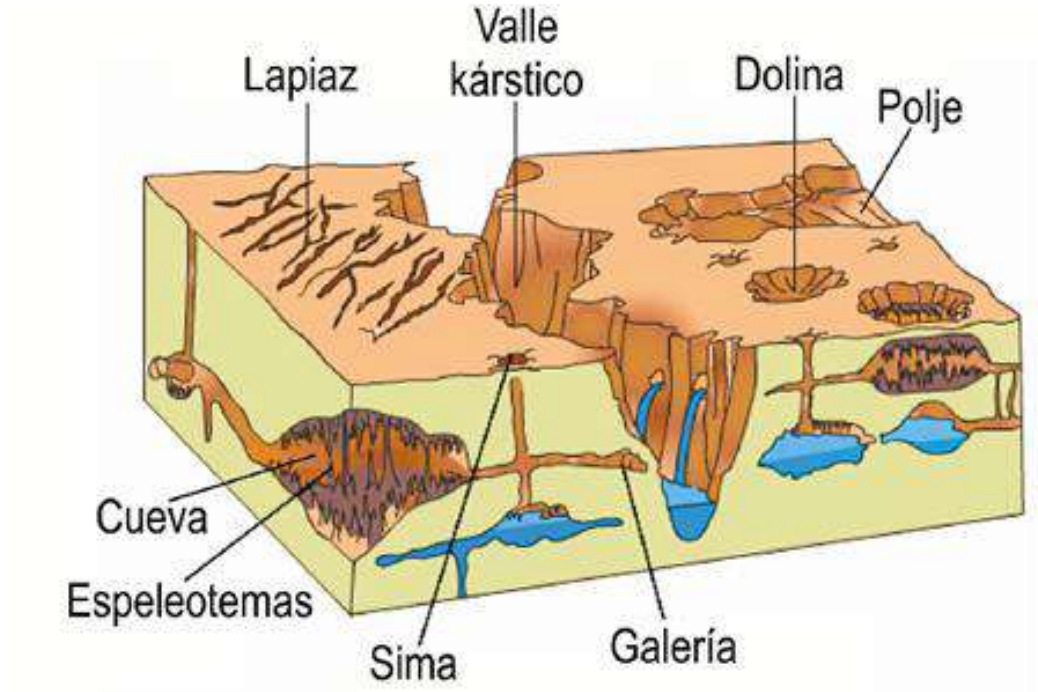
Los hundimientos sólo ocurren cuando el agua ha disuelto por completo la roca subyacente convirtiéndola casi en una gran caverna, y es cuando el techo de ésta se vuelve débil y no soporta el material. El aprovechamiento de los recursos naturales (actividad minera, explotación de acuíferos) también puede inducir colapsos. Los procesos fluviales pueden ser significativos en la formación de algunas formas terrestres superficiales y subterráneas.

Los paisajes kársticos, cuando absorben precipitación abundante están sujetos a formar hundimientos. No obstante, en el municipio de Benito Juárez no se observan depresiones tipo *karst*.

Estas rocas son susceptibles a disolverse al exponerse a la lluvia ácida y al agua freática. Las ranuras naturales en este tipo de rocas se hacen más anchas y se expanden con las corrientes de agua. Comúnmente se hacen cuevas de las rocas. Las rocas a base de calcio pueden ser el fundamento de grandes áreas, razón para no construir en esa zona. Sin embargo, vale la pena considerar que los hundimientos son relativamente raros aún en áreas fundamentadas con rocas a base de calcio. Los hundimientos sólo ocurren cuando el agua ha disuelto por completo la roca subyacente convirtiéndola casi en una gran caverna, y es cuando el techo de ésta se vuelve débil y no soporta el material.

Es por eso por lo que se habla de colapsos superficiales de terreno, el colapso es vertical, por ejemplo, las rejolladas, depresiones circulares y muy fértiles resultado de hundimientos de la bóveda de un cenote milenios atrás, son resultados de colapsos verticales (hundimientos) en cuyo subsuelo permanece el agua de manera subterránea (figura 33).

Figura 34. Paisaje kárstico.



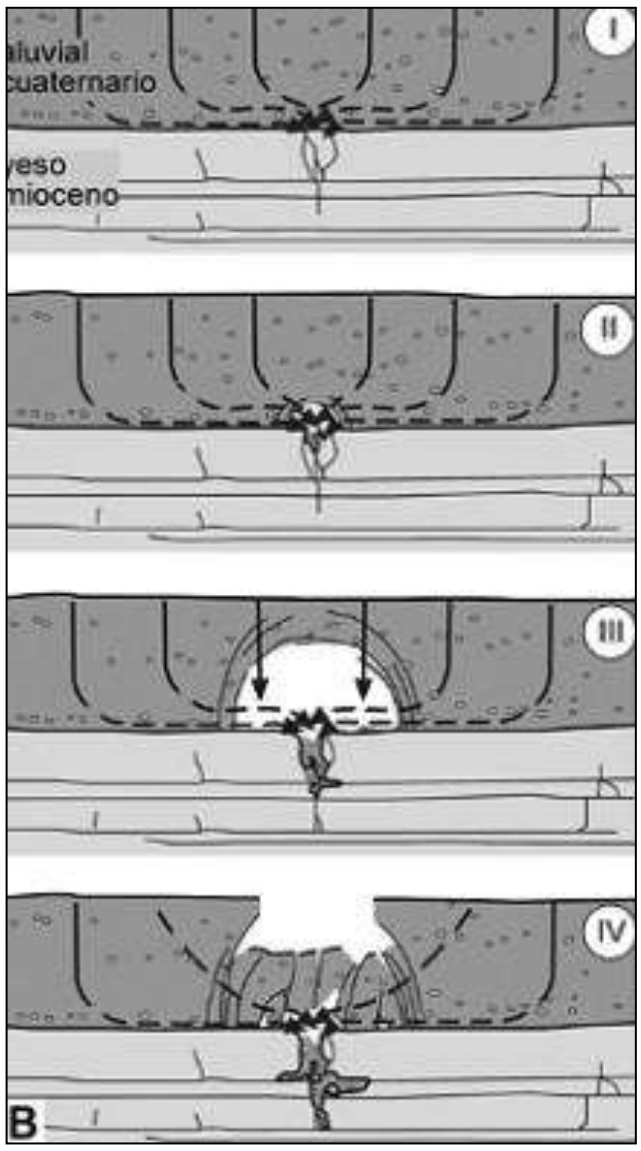
FUENTE: http://2.bp.blogspot.com/-8cPogOQGdsw/VYHQv7550xI/AAAAAAAAHUE/jYs4qdEwIgg/s1600/Karst.jpg

Si el colapso de una dolina permite la entrada a un sistema subterráneo de cuevas, entonces lleva el nombre de "ventana kárstica". La mayoría de las dolinas o "cenotes" de la Península de Yucatán son dolinas de colapso. En el inicio, estos cenotes fueron galerías en sistemas de cuevas subterráneas, y conforme a la caída de agua de

lluvia que contiene dióxido de carbono se fueron disolviendo y ensanchando, posteriormente el material de los techos cayó por gravedad y se formó el hueco. Al mismo tiempo, los techos de las dolinas quedaron muy delgados y también colapsaron convirtiéndose en cenotes (figura 34).

Los cenotes siempre contienen agua, esto se debe a que el nivel freático está muy cerca de la superficie topográfica. Las rocas carbonatadas son muy solubles, por lo que el agua de lluvia se infiltra completamente al subsuelo hasta encontrar una barrera que ya no la deje pasar, y se acumula desde ahí; el nivel freático es el límite superior de esta acumulación de agua y su símbolo es un triángulo invertidos (figura 34). La palabra cenote se usa hoy en día en forma extendida para referirnos a dolinas con agua, ya que, **no todas las dolinas son cenotes, pero todos los cenotes son dolinas**.

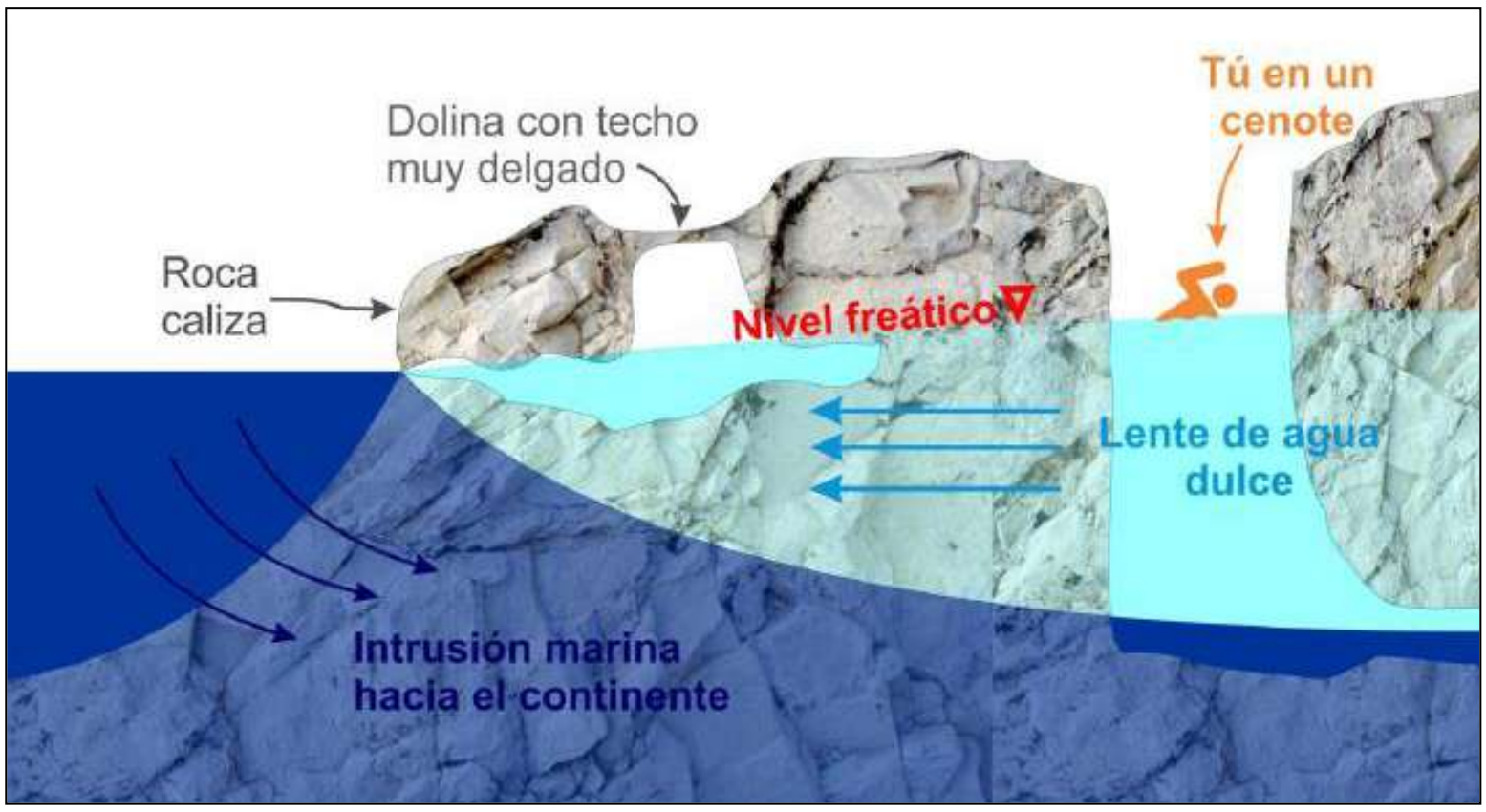
Figura 35. Dolina en ventana, formada por colapso brusco (hundimiento).



Fuente: Velázquez, A. (2016). ¿Sólo hay cenotes en la Península de Yucatán? Cienciorama. (UNAM). Disponible en: http://www.cienciorama.unam.mx/#!titulo/449/?solo-hay-cenotes-en-la-peninsula-de-yucatan.

El acuífero en el municipio de Benito Juárez es de tipo costero, se encuentra en rocas calizas y depósitos de litoral con permeabilidad alta en material consolidado con posibilidades de aprovechamiento altas en la mayor parte. Corresponde a una cuenca hidrológica abierta y forma parte de un acuífero kárstico de tipo libre, en donde los niveles del manto freático varían algunos centímetros entre las épocas de lluvias y secas y presenta niveles estáticos de 5 m a 7 m en una franja de 20 km de ancho paralela a la costa.

Figura 36. Se observa una dolina que no ha colapsado y otra ya abierta. Además, se aprecia el agua dulce sobre el agua salada, se marca el nivel freático.



Fuente: Velázquez, A. (2016). ¿Sólo hay cenotes en la Península de Yucatán? Cienciorama. (UNAM). Disponible en: http://www.cienciorama.unam.mx/#!titulo/449/?solo-hay-cenotes-en-la-peninsula-de-yucatan.

Actualmente en el municipio de Benito Juárez no se han identificado dolinas abiertas (cenotes), ya que, al realizar los cambios en su límite municipal, por la creación del municipio de Puerto Morelos (2015), éstos quedaron fuera del límite administrativo del municipio. Sin embargo, existen evidencias que, al interior de la ciudad de Cancún, en algunas regiones[5] y debajo de viviendas se han localizado simas, es decir, pozos profundos formados a partir de una fisura o grieta en el terreno, que generalmente se comunica con corrientes o cavernas subterráneas, que los pobladores les llaman vena de cenote.

Si bien, el peligro de hundimientos siempre va ligados a las cavidades subterráneas, ya sea por origen natural o antrópico, el grado de peligrosidad depende del volumen y forma de cavidades, espesor del recubrimiento de las cavidades y de la resistencia y comportamiento mecánico de los materiales suprayacentes. Estos estudios deberían solicitarse antes que los desarrolladores inmobiliarios construyan viviendas o cualquier tipo de infraestructura, para evitar posibles desastres.

Benito Juárez, como todo el estado de Quintana Roo, la mayor parte de su litología se compone de rocas carbonatadas evaporitas asociadas a materiales kársticos o solubles que originan cuevas y cavidades. Estos procesos de disolución crean huecos que, al alcanzar determinadas dimensiones, generan estados de desequilibrio e inestabilidad, dando lugar a la rotura del techo de las cavidades, el cual, si es poco resistente, se hundirá el terreno. Sin embargo, vale la pena considerar que los hundimientos son relativamente raros aún en áreas fundamentadas con rocas a base de calcio. Los hundimientos sólo ocurren cuando el agua ha disuelto por completo la roca subyacente convirtiéndola casi en una gran caverna, y es cuando el techo de ésta se vuelve débil y no soporta el material.

Subsidencias

La subsidencia es un fenómeno geológico que no suele ocasionar víctimas mortales, no obstante, los daños materiales que causa pueden llegar a ser cuantiosos.

Existen diferencias entre el peligro de subsidencia y colapsos o hundimientos, los cuales se definen como:

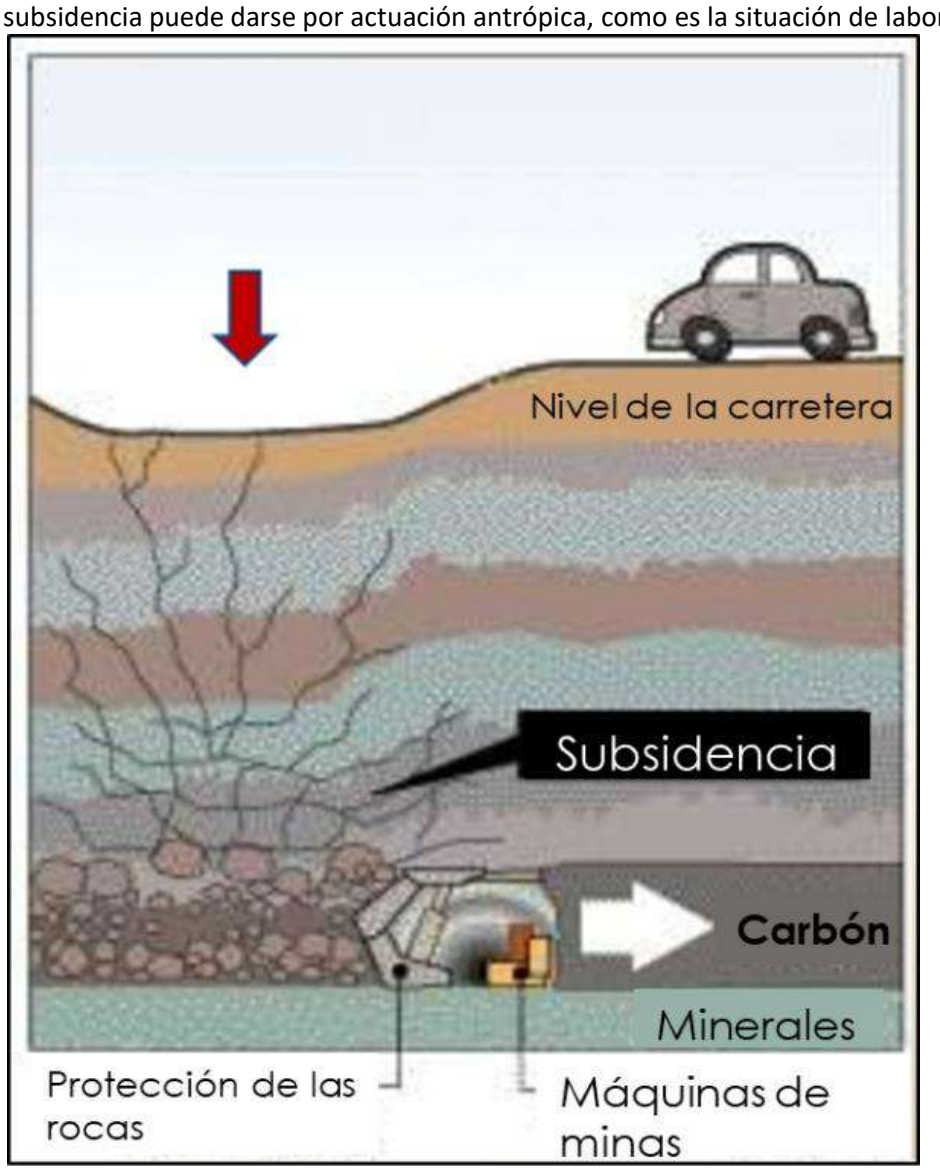
a. Subsidencias: descensos lentos y paulatinos de la superficie del terreno.

[5] De acuerdo al Diario de Quintana Roo del 28 de noviembre, una nota de Cecilia Solís, se señala que en la región 216 de la ciudad de Cancún se descubrieron “venas” de cenote en dos predios de la manzana 23.

b. Colapsos o hundimientos: movimientos verticales repentinos de cavidades subterráneas o superficiales.

Las subsidencias o hundimientos lentos pueden afectar a todo tipo de terrenos, son debidos a cambios tensionales inducidos en el terreno por el descenso del nivel freático, la minería subterránea, la extracción de petróleo o gas, los procesos lentos de disolución y lavado de materiales, los procesos de consolidación de suelos blandos y orgánicos, etc. Las subsidencias naturales son generalmente procesos muy lentos, aunque a menudo se aceleran por actuaciones antrópicas (figura 36). En el municipio no existen actividades de extracción de petróleo o gas, pero sí la explotación de materiales pétreos, que de acuerdo con la normatividad no deben afectar el manto freático, aunque si se afectan otros recursos naturales.

Figura 37. La subsidencia puede darse por actuación antrópica, como es la situación de labores mineras.



Fuente: https://pt.slideshare.net/lizdayanaguerrero/procesos-de-subsidencia/2

El fenómeno natural de subsidencia puede afectar la destrucción física y daños de viviendas, invasión del agua sobre las tierras bajas adyacentes al mar, cambios en el gradiente que afecta al flujo de agua, averías en tuberías de pozos de petróleo y agua, así como perdida y filtraciones de acuíferos. Así como, los sedimentos no consolidados de arcillas, limo, turba y arena, que son particularmente susceptibles a esta transformación. El descenso del nivel freático, por periodos de sequía o por extracción de agua de los acuíferos, también producen cambios en el estado tensional, reduciendo su volumen como consecuencia de la pérdida del agua, produciendo un descenso de la cota de superficie y pueden afectar a grandes extensiones de territorio.

El proceso de urbanización agrava el problema por:

- Incremento del peso y carga de edificios e infraestructuras.
- Reducción del manto freático por extracción de agua.
- Los embalses reducen el aporte de sedimentos.

La subsidencia supone un riesgo cuando ocurre en zonas urbanas, al dañar y agrietar las edificaciones y afectar a sus cimientos. Actualmente, importantes ciudades costeras situadas en llanuras de inundación o en cuencas sedimentarias sufren graves problemas de subsidencia. La ciudad de México, asentada en un antiguo lago, es un

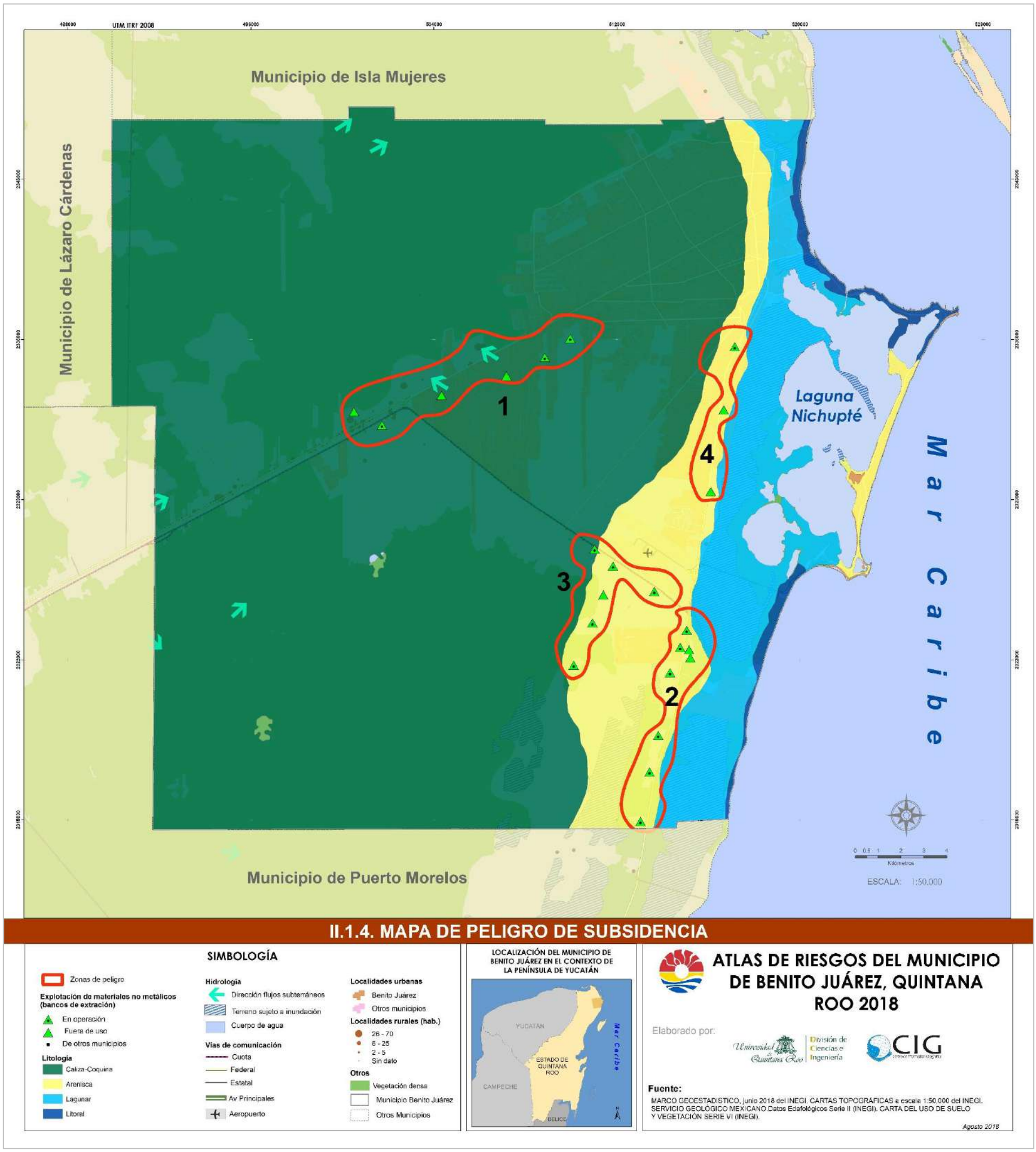
ejemplo; la consolidación de las arcillas lacustres hace que la ciudad en determinadas zonas presente valores superiores a los 8 metros; las principales ciudades costeras del Japón (Tokio, Osaka, Nigata) presentan valores superiores a los 2 metros, Venecia y Londres son ejemplos claros de problemas de subsidencia urbana en la Europa occidental.

Los mapas geológicos son la mejor herramienta para prever la subsidencia. Los factores para considerar en la elaboración de mapas de susceptibilidad y de peligrosidad son la litología, el grado de karstificación, propiedades geomecánicas de los materiales, factores hidrogeológicos y climáticos.

En el municipio no existe corrientes superficiales, los cuerpos de agua son principalmente costeros. Su relieve no es sobresaliente, pero sí de alta permeabilidad su substrato geológico (caliza y poco espesor del suelo). De acuerdo con SEMARNAT (2016), en México se define si los acuíferos se convierten en sobrexplotados o dejan de serlo, en función de la relación extracción/recarga. Para todo el estado de Quintana Roo, los acuíferos su estado es de disponibilidad, sin embargo, son señalados como acuíferos con intrusión marina y/o salinización de suelos y aguas subterráneas salobres. A partir de lo anterior, una reducción del manto freático no ocurriría en el municipio por la extracción de agua lo que evita hasta ahora que no sea una causa del peligro de subsidencia.

Por otro lado, si existe industria minera, es la denominada de bancos de minerales no-metálicos. de interés económico en el estado principalmente para la construcción, como la caliza, yeso y agregados pétreos como arena, grava o roca triturada en su estado natural o procesada. Estas minas son las canteras, donde únicamente se extraen minerales industriales y minerales que se utilizan para la construcción. Casi todo el material que se extrae se utiliza, por lo tanto, casi no se tiene material de desecho, pero debido a que los materiales extraídos de las canteras no son de alto valor, estas tienen que estar situadas cerca de las ciudades, porque si se encontraran a una distancia alejada el costo de transporte haría que la cantera no fuera económicamente conveniente. Por esta razón, la mayoría se encuentra cerca de las poblaciones. Otro aspecto importante es que, como el material es aprovechado en su mayoría, al final de la actividad minera cuando se cierra la mina, queda una gran cavidad que posteriormente, y debido a que se encuentran cerca de las ciudades, esta puede usare como basurero o en lugares donde llueve mucho, como lago artificial. Si bien no es minería subterránea y no existe un cambio tensional importante, fue una de las variables utilizadas para identificar las zonas de subsidencia en el municipio de Benito Juárez.

Como se ha señalado, para establecer las áreas con más probabilidades de experimentar el peligro de subsidencia en el municipio se utilizó la carta de litología del Servicio Geológico Mexicano (SGM), el flujo de corrientes subterráneas que pueden acelerar la disolución y lavado de materiales, así como la identificación de los sitios de extracción de bancos de material. En Benito Juárez de acuerdo con los datos recabados del SGM, se tiene 45 bancos de extracción funcionando y 29 fuera de uso (SGM, 2017). Estos últimos utilizados como causas antrópicas por los procesos de extracción de piedra caliza y agregados pétreos, que utilizan para su fragmentación como ingrediente la dinamita, lo que puede influir en la aceleración del peligro de subsidencia. De la misma manera, se prestó más atención a los sectores con sedimentos no consolidados como arenas y calizas-coquinas. El resultado se muestra en el mapa II.1.4



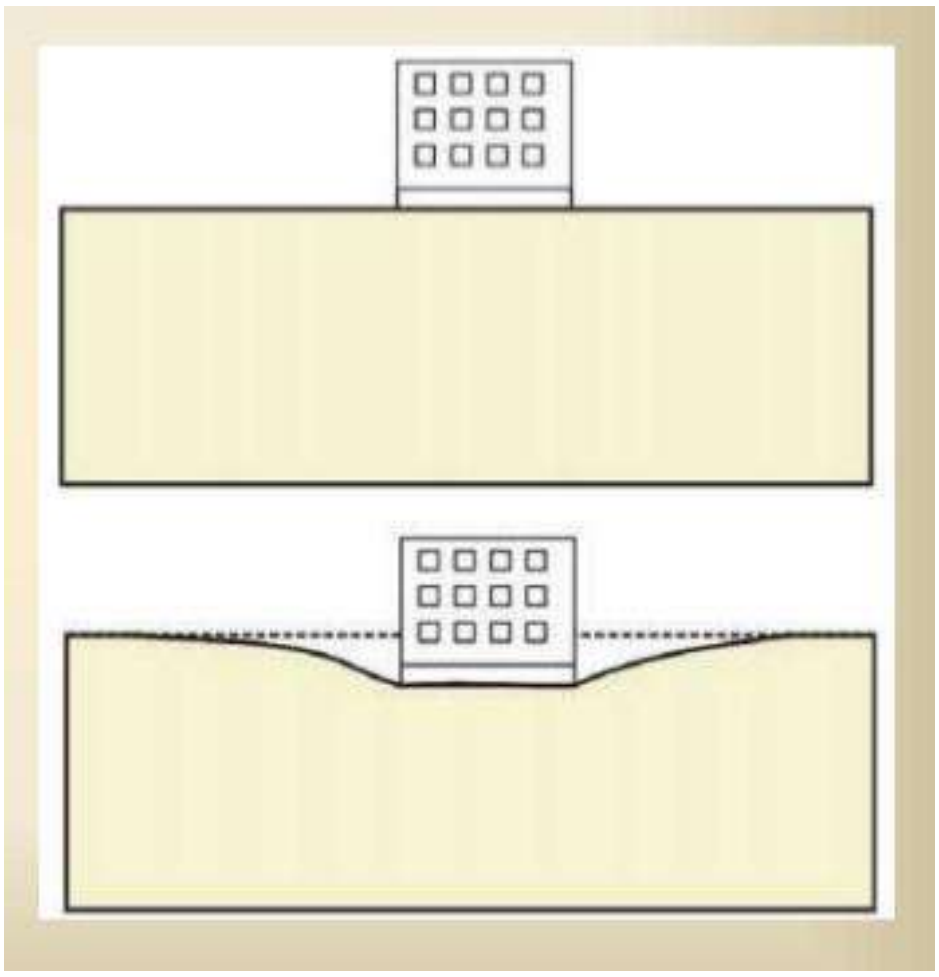
El resultado identificó cuatro zonas, numeradas de acuerdo con su grado de peligrosidad. La zona 1 se localiza a la salida oeste de la ciudad de Cancún, sobre la carretera federal 180, donde la extracción de bancos de materiales se da muy cercana a la población y zona urbana, asimismo se observan flujos subterráneos que puede erosionar la roca caliza sobre la que se encuentra, es decir presentarse el proceso mecánico de arrastre de partículas de suelo por el flujo de agua subterránea.

La zona 2, se localiza en la parte sureste del municipio, sobre la carretera federal 307, esta se asienta sobre litología arenisca, haciendo más blando el soporte del suelo lo que puede generar subsidencias sobre esta vía de comunicación o cercana a ella.

La zona tres, pasa por lo mismo, son arenales, y existen bancos de material en función y fuera de uso, los cuales se encuentran cerca del aeropuerto. La zona cuatro se localiza ya entrando a la zona urbana, por lo que el peso de las construcciones puede generar compactación de los sedimentos no consolidados del subsuelo (figura 37), así como afectar las vías de comunicación.

Asimismo, varios puntos de extracción de minerales pétreos se encuentran por debajo de la cota 0, es decir cercano o sobre terrenos sujetos a inundación (mapa II.1.4).

Figura 38. Desencadenantes antrópicos: por carga.



Fuente: https://pt.slideshare.net/lizdayanaguerrero/procesos-de-subsidencia/2

Los resultados del análisis aquí presentado proveen elementos de decisión de vital importancia para la cuantificación del potencial de daños a la infraestructura urbana y vías de comunicación, debido al proceso de hundimiento lento que pueden sufrir el municipio en diversas áreas. Un elemento más de consideración para los planes de protección civil y de desarrollo urbano.

Agrietamientos

Una grieta se define como una ruptura longitudinal de las rocas o el hielo, sin desplazamiento de las porciones que separa, las cuales pueden ser de origen tectónico y no tectónico: intemperismo, compactación, desprendimiento, deslizamientos, etc. Las grietas de desecación (poligonales) se forman al desecarse y compactarse los lodos arcillosos o calcáreos ricos en agua de infiltración, es decir, el suelo se compacta al perder agua y humedad en los periodos de sequía, afectando principalmente a suelos arcillosos, dando lugar a grietas de hasta 4 cm de anchura y 1 m de profundidad.

Lo anterior se asocia con la práctica de la extracción excesiva de agua del subsuelo, ya sea para uso agrícola, industrial o de agua potable. De la misma forma, se asocia también con la litología aluvial, palustre y lacustre o proximidades de los ríos, lagos, lagunas o esteros. Sin embargo, gracias a la abundante precipitación pluvial y a las características topográficas y geológicas del estado de Quintana Roo, el volumen renovable del acuífero es superior a las demandas generadas en todos los usos, inclusive las esperadas a mediano y largo plazo (CONAGUA, 2015).

Las grietas, también pueden producirse por sismos, su estudio se emplea para evaluar las características e intensidad de los eventos. También se producen por eventos volcánicos, motivo de estudio, pues ellas dan indicio de características de los flujos y de los materiales que los conforman, además resulta indispensable considerarlas en los mapas de amenaza volcánica. Si la dislocación no presenta movimiento aparente, se considera fractura o grieta, sin embargo, cuando se tiene registro de movimiento horizontal y/o vertical se considera falla.

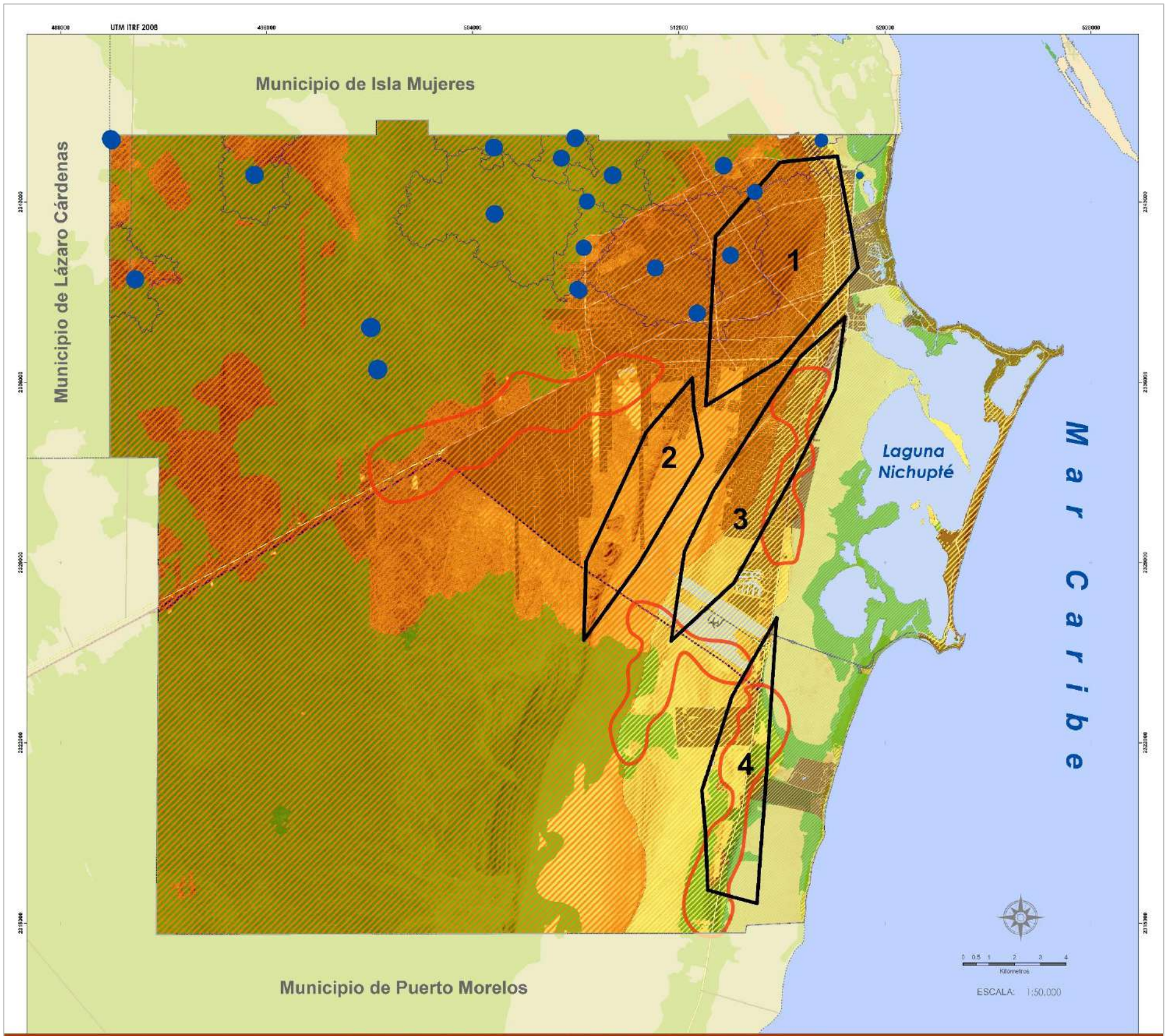
Resulta difícil predecir con certeza aspectos como el punto de inicio de una grieta, su dirección y profundidad, su interrelación con otras grietas verticales y horizontales, los efectos de las condiciones de contorno en el agrietamiento, el comportamiento ante ciclos de humedecimiento y secado, la velocidad de avance horizontal y vertical, etc. Como ya se mencionó, en el caso de los agrietamientos por subsidencia, la causa principal es la desecación por extracción de agua subterránea, aunque también en algunas ocasiones la presencia de estructuras geológicas profundas, como son fallas o contactos litológicos en zonas que sufren subsidencia, crean deformaciones no uniformes las cuales se manifiestan superficialmente como discontinuidades, escalones y grietas.

De acuerdo con lo anterior, la naturaleza geológica y el proceso hidrológico, son claves para el desarrollo del agrietamiento. Los depósitos aluviales son el lugar idóneo para la ocurrencia de esfuerzos horizontales (sin naturaleza tectónica). Un depósito aluvial es una masa de sedimentos detríticos que ha sido transportada y sedimentada por un flujo o aluvión. Usualmente el termino aluvión se usa para los depósitos de arena, sedimento, grava y barro arrojado por los ríos y arroyos. Generalmente, el aluvión, o depósito aluvial (como también se le conoce), es de un origen muy reciente (geológicamente hablando, menos de unos cuantos millones de años). Cuando el depósito es amplio y plano, se le puede llamar planicie aluvial.

Dentro de los estudios de esta naturaleza se pueden considerar los producidos por subsidencia del terreno, los producidos por efecto de los árboles y los que se generan por eventos sísmicos o volcánicos. En el caso de los agrietamientos por subsidencia la causa principal es la desecación por extracción de agua subterránea, aunque también en algunas ocasiones la presencia de estructuras geológicas profundas como son fallas o contactos litológicos en zonas que sufren subsidencia, crean deformaciones no uniformes las cuales se manifiestan superficialmente como discontinuidades, escalones y grietas.

Los estudios de agrietamiento de suelos se pueden clasificar de manera general en cinco categorías: 1) estudios de morfología y evolución de grietas, 2) estudios de agrietamiento asociados a problemas locales específicos, 3) estudio individual de variables que intervienen en la formación de grietas, 4) modelos de inicio y propagación de grietas y 5) estudios del comportamiento de suelos agrietados.

Para el análisis, caracterización y evaluación de los niveles de riesgo para el municipio de Benito Juárez, se identificaron cuatro zonas susceptibles a este peligro (mapa II.1.5). Para la identificación de estas zonas nos basamos en Modelo Digital de Elevación del municipio, la capa de litología donde se identifican el tipo de roca que compone el suelo, areniscas, lagunar y litoral, así como caliza-coquina, las zonas de peligro de subsidencia ya identificadas anteriormente, la dirección de flujos subterráneos y la altitud promedio de las cuencas hidrográficas.



Se asume que la formación de las grietas tiene que ver con la resistencia a tracción del suelo, pero ésta depende a su vez del contenido de humedad del suelo y de la succión. De la misma manera, influye la estabilidad del terreno, su capacidad portante, en su permeabilidad, en su capacidad de retención de agua, etc.

La identificación de las zonas con probabilidad de agrietarse se emplea para plantear hipótesis sobre las posibles causas y evolución del problema, ya que la escala trabajada es imposible determinar la causa de la grieta, ya que se debe conocer las propiedades hidráulicas y mecánicas que intervienen en el proceso. Se observa, por ejemplo, la zona 1, donde existen altitudes del terreno alrededor de los 10 m, cuencas hidrográficas de la misma altitud y suelos formados por areniscas y caliza. En la zona 2, se observa un cambio en la elevación de la planicie, la cual

tiene una forma escalonada desde el Este al Oeste del municipio, es ahí en esos cambios de litología y elevaciones donde se encuentran las zonas 3 y 4.

El modelo aquí presentado para el municipio de Benito Juárez, resultado de la sobreposición de datos e información derivada, que brinda una posibilidad interesante de aproximación desde un punto de vista práctico; sin embargo, no se tienen datos más específicos de variables importantes que interviene en el proceso, como son las características de retracción, la resistencia a la tracción y la mecánica de fractura. Lo más acertado sería realizar un modelo combinado, requiriéndose para esto de mayor investigación acerca de tales variables.

2.2. Fenómenos hidrometeorológicos

Los fenómenos hidrometeorológicos son aquéllos que resultan de las interrelaciones entre las fases atmosférica y terrestre del ciclo hidrológico. En otras palabras, los fenómenos hidrometeorológicos, son aquellos que tienen por origen un elemento en común: el agua. Este tipo de fenómenos tienen la capacidad de ocasionar efectos negativos en el ambiente, en la económica y en lo social, sobre todo cuando se presentan de manera extraordinaria.

En México, los peligros hidrometeorológicos son abundantes y frecuentes, ya que está situado en una zona de convergencia de eventos atmosféricos tales como tormentas tropicales, huracanes, ondas gélidas, masas de aire frío y caliente, corrientes de chorro, El Niño, entre otros. Sin embargo, cabe mencionar uno de los principales efectos positivos asociados a estos fenómenos, que, para el caso de la Península de Yucatán, son las precipitaciones, las cuales son la principal causa de recarga del manto acuífero.

Ondas cálidas y gélidas

Podemos definir a la temperatura como la propiedad física que se refiere a las nociones comunes de calor o ausencia de calor. Es una de las magnitudes más utilizadas para describir el estado de la atmósfera. De hecho, la información meteorológica realizar análisis a cerca de este parámetro; la temperatura del aire varía entre el día y la noche, entre una estación y otra, y también entre una ubicación geográfica y otra, se pude llegar a estar bajo los 0 °C y superar los 40 °C en diferentes regiones del planeta.

La cantidad de energía solar recibida genera estas diferencias de calor recibidas, que generan las variaciones de temperatura. La temperatura también varía debido a la distribución de distintos tipos de superficies y en función de la altura. La distribución de continentes y océanos produce un efecto muy importante en la variación de temperatura.

En México, en los meses de la primavera y verano se resaltan las zonas con las mayores temperaturas y el conteo de días con temperatura máxima mayor o igual a 40 °C (figura 38). En la época invernal, se reportan los descensos de la temperatura que ocasionan las masas de aire frío y el conteo de días con temperatura mínima menor o igual a 0 °C. Las primeras corresponden a las ondas cálidas (OC) y las segundas a las ondas gélidas (OG).

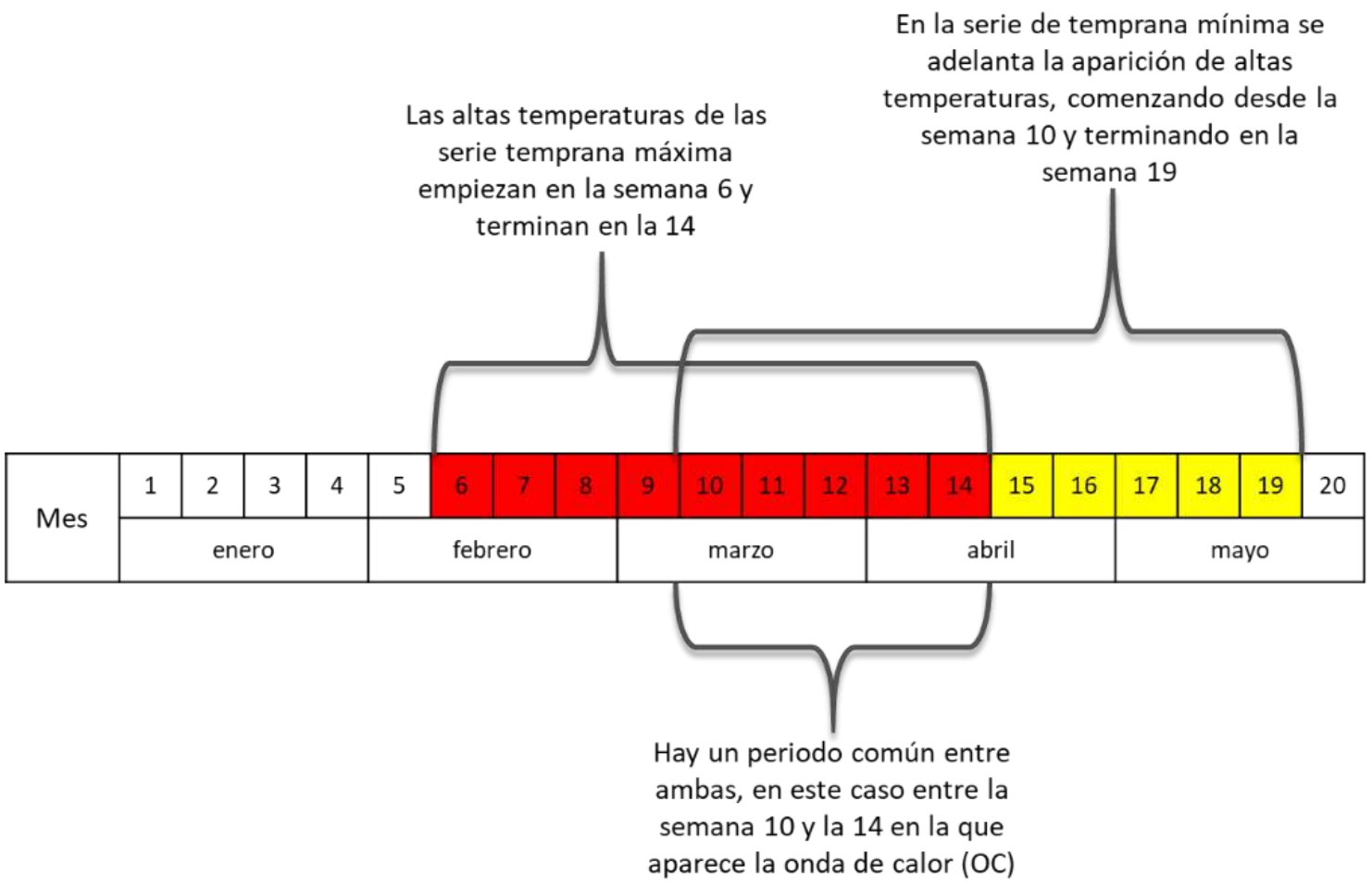
De acuerdo con CENAPRED (2016), en México se han utilizado los umbrales de 30 y 35° C en tres días consecutivos para definir una onda de calor (OC). Por otro lado, la Organización Meteorológica Mundial (OMM) define una onda de calor cuando la temperatura máxima supera la temperatura máxima promedio en un transcurso de cinco días.

De la misma manera, identifica varios puntos importantes a considerar, algunos se exponen a continuación:

- Los impactos de las OC se presentan en todos los sectores productivos de la actividad humana (ganadería, agricultura, recursos forestales, salud) e, incluso, en el sector de servicios (agua potable, suministro de energía eléctrica, transporte, etc.).

- Sus impactos en la salud son conocidos desde la antigüedad (enfermedades respiratorias en invierno y gastrointestinales en verano).
- Algunos estudios recientes indican que la mortandad durante eventos de calor extremos varía dependiendo de la edad, sexo y etnia o población. Factores asociados con el incremento de riesgo son: el alcoholismo, vivir en edificios mal ventilados y el uso de tranquilizantes.
- Las OC se concentran en los meses cálidos de abril a septiembre; sin embargo, se deben analizar los meses fríos, de octubre a marzo, con el fin de observar si ocurren eventos en este periodo.
- Algunos estudios sugieren que para el estudio de las OC se deben usar más variables climáticas (Steadman, 1984, cit. CENAPRED, 2016) como la humedad relativa, radiación solar, velocidad del viento, etc., así como variables no atmosféricas (salud, nivel de vida, adaptación psicológica, etc.).
- Otra de las características de estudio de las OC, además de su intensidad, es la duración y el área.
- Las OC no guardan ninguna relación con la sequía.
- Las OC son eventos cíclicos pero aperiódicos.
- Los umbrales relativos son los más adecuados para determinar los efectos de las OC en los seres vivos.
- Por medio de umbrales relativos se observa que las OC son una anomalía de las temperaturas mínimas, ya que inician antes de lo esperado, como se muestra a continuación:

Figura 39. Aparición de temperaturas altas máximas, mínimas y ondas de calor (OC).



Fuente: CENAPRED y Organización Meteorológica Mundial (OMM).

En la siguiente sección se mostrarán series históricas de temperaturas máximas y mínimas entre 1961 y 2017, un total de 56 años, para el municipio de Benito Juárez, para identificar las áreas más propensas a ondas cálidas o gélidas en el territorio.

La información se obtuvo del IMTA (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua) y la CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) a través del "Sistema de Información Geográfica del Extractor Rápido de Información Climatológica (SIG ERIC) v 1.0" (http://hidrosuperf.imta.mx/sig_eric/). Así como de la Gerencia Estatal Quintana Roo (Área Técnica) con sede en la ciudad de Chetumal.

Cabe señalar que este servidor utiliza una base de datos de estaciones climáticas superficiales de México administrada por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), así como del proyecto CLICOM, el cual es un sistema de software de manejo de datos climatológicos desarrollado por las Naciones Unidas, que significa CLImate

COMputing project. Es decir, se utilizaron las Estaciones Climatológicas CLICOM y la Estaciones Climatológicas de Referencia (Tabla 91). Sin embargo, con los cambios en los límites administrativos por la creación del municipio de Puerto Morelos en 2015, existen estaciones que ya no pertenecen a su jurisdicción, identificadas con las claves 23014, 23166, 23010,23019, quedando sola una estación dentro de los límites administrativos actuales del municipio de Benito Juárez (23155), ya que la identificada con clave CANQR dejo de funcionar en 2016. Pese a lo anterior, para que el procesamiento de datos sea efectivo y se demuestre el objetivo de este apartado, se manejaron los datos de seis estaciones próximas al municipio indicadas en la Tabla 93.

Tabla 93. Estaciones meteorológicas utilizadas en los análisis climáticos del municipio de Benito Juárez.

Clave	Periodo funcionamiento	Nombre	Longitud	Latitud	Altitud
23155	1988 a la fecha	CANCÚN	-86.82	21.16	9
23014	1961 a la fecha	LEONA VICARIO	-87.20	20.99	8
23166	2000-2015	CENTRAL VALLARTA	-87.05	20.86	11
CANQR	1990 - 2016	CANCÚN (Estación de Referencia)	-86.84	21.19	-
23010	1961-1972	ISLA MUJERES	-86.74	21.24	5
23019	1961-1998	PUERTO MORELOS	-86.87	20.85	6

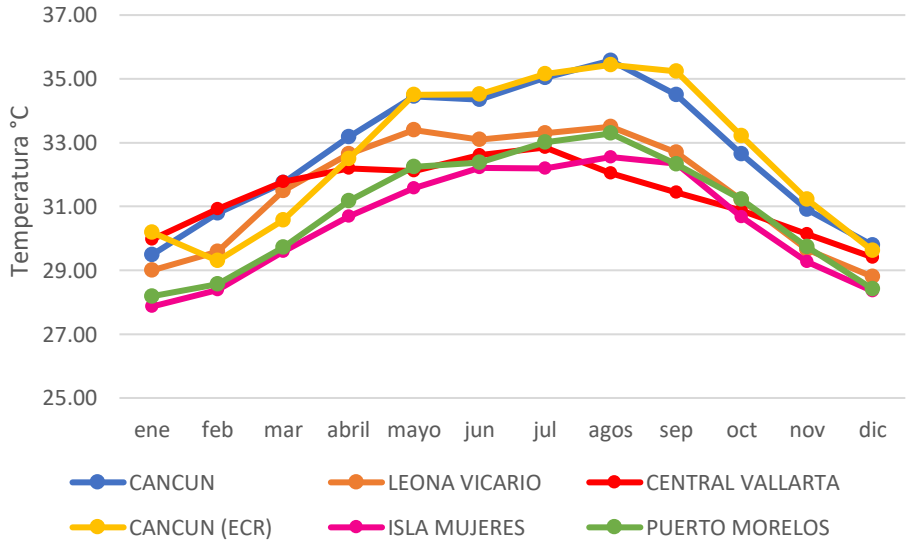
Fuente: "Sistema de Información Geográfica del Extractor Rápido de Información Climatológica (SIG ERIC) ver. 1.0" (http://hidrosuperf.imta.mx/sig_eric/). CONAGUA (2017).

Temperaturas máximas

La temperatura máxima se refiere a la mayor temperatura registrada en un día, y que se presenta entre las 14:00 y las 16:00 horas. Para el municipio se obtuvieron datos de la temperatura máxima promedio mensual por estación y promedio anual. De un total de 6 estaciones (tabla 93) se promediaron los datos de temperaturas máximas entre 1961 y 2017, es decir un total de 56 años. El resultado se puede observar en la gráfica 175, donde las máximas temperaturas registrada entre el periodo observado establece temperaturas por arriba de los 35 °C.

Las altas temperaturas pueden crear condiciones de agobio y estrés, aumentando grandemente las condiciones de ventilación y refrigeración. Además, de que generan gran demanda de agua para abastecimiento de poblaciones y zonas turísticas; como también para riego agrícola. Sin embargo, 40 °C, es la temperatura corporal límite antes de presentar un cuadro de golpe de calor. El golpe de calor que puede sufrir una persona no se produce en su primera exposición a ese ambiente caluroso, sino cuando se mantiene en él por unas horas.

Gráfica 175. Temperaturas máximas promedio mensual para el municipio de Benito Juárez (1961-2017).



Fuente: Elaboración propia a partir del Servicio Meteorológico Nacional

En la tabla 94, se pueden apreciar el promedio de temperaturas máximas por estación para el municipio, registradas por las seis estaciones desde 1961 a 2017. Se puede observar que en la estación 23155 CANCÚN se registró en promedio la máxima temperatura para el municipio en el mes de agosto. Los meses de julio, agosto y

septiembre alcanzaron el registró de temperaturas promedio máxima mensual arriba de los 35 grados Celsius (Tabla 94 y gráfica 175), para este periodo de 56 años.

En la misma tabla 92, la temperatura máxima promedio mensual alcanzada entre 1961 y 2017 ha sido registrada para el mes de agosto, como se ha comentado, lo que nos indica la posibilidad de que sea el mes más caluroso del año para el territorio benitojuarense. Por su parte, en la gráfica 165, el promedio anual máximo alcanzado corresponde al mes de julio con una temperatura de 33.73 °C.

Tabla 94. Promedio de la temperatura máxima registrada en las estaciones meteorológicas (1961-2017).

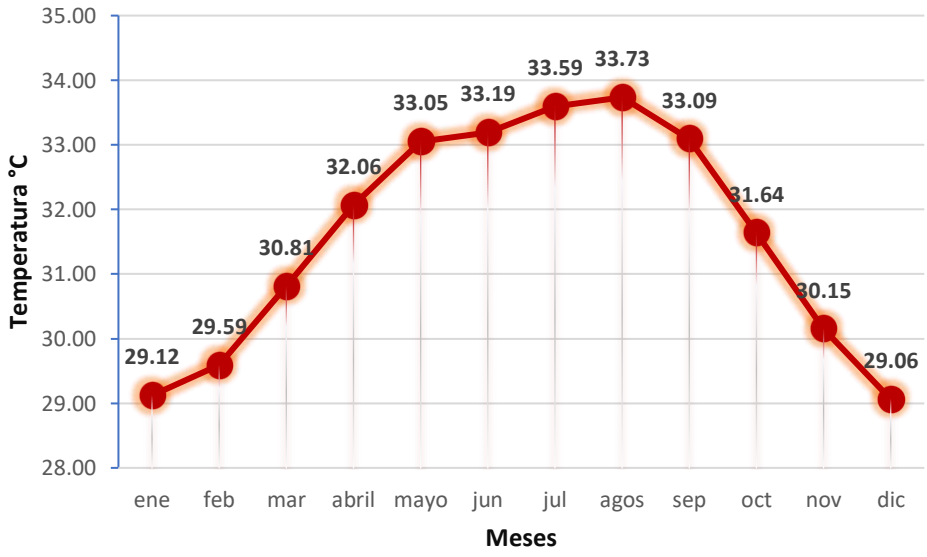
Clave estación	ene	feb	mar	abril	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
23155	29.49	30.79	31.74	**33.18**	34.45	34.35	35.03	**35.58**	34.50	32.65	30.90	**29.78**
23014	29.00	29.59	31.49	32.64	33.40	33.10	33.30	33.50	32.70	31.20	29.65	28.80
23166	29.97	**30.92**	**31.77**	32.20	32.11	32.62	32.85	32.05	31.44	30.87	30.13	29.41
CANQR	**30.19**	29.30	30.57	32.50	**34.50**	**34.51**	**35.16**	35.44	**35.23**	**33.21**	**31.23**	29.62
23010	27.87	28.38	29.58	30.68	31.58	32.20	32.20	32.55	32.34	30.68	29.27	28.34
23019	28.19	28.56	29.72	31.18	32.25	32.38	33.02	33.29	32.32	31.22	29.74	28.42

Fuente: Elaboración propia a partir del Servicio Meteorológico Nacional

El Servicio Meteorológico Nacional señala que los meses más calurosos del año se dan en el periodo de verano aumentando el consumo de agua. Por lo que se recomienda tener suficientes precauciones y evitar exponerse al sol sin protección para prevenir las consecuencias de un golpe de calor, ya que el organismo pierde el control de la temperatura corporal al sobrepasar los 40.5 °C, provocando daño en las estructuras celulares y en el sistema termorregulador, con un alto riesgo de mortalidad.

La mayoría de las muertes que ocurren por las olas de calor provienen del estrés térmico acumulado (ya sea durante días o semanas), y eso tiene más que ver más con los largos periodos de exposición a un calor moderado (30-35 grados) de las máximas o picos de una temporada. No hay que olvidar, que a estos parámetros hay que sumarles la sensación térmica. La cual en verano se puede experimentar más o menos calor a una misma temperatura, en este caso debido a la combinación de temperatura y humedad relativa. En días calurosos, una humedad relativa alta aumenta la sensación de calor, ya que la evaporación del sudor, que es el principal medio para disminuir el calor corporal, se ve dificultada por el exceso de humedad presente en el aire. Por ejemplo, en un día con una temperatura de 30 °C y humedad relativa de 50%, la sensación térmica es de 36 °C. En verano la sensación térmica se calcula para valores de temperatura a partir de 20 °C.

Gráfica 176. Temperatura máxima promedio anual de 1961 a 2017 para Benito Juárez.



Fuente: Elaboración propia a partir del Servicio Meteorológico Nacional

Para Quintana Roo, el Departamento de Información Epidemiológica de la Subdirección de Vigilancia Epidemiológica de la Dirección de Servicios de Salud de la Secretaría de Salud (SESA), contabiliza los casos asociados a temperaturas naturales extremas para las temporadas de calor (Tabla 95), donde se puede observar

que el municipio de Benito Juárez es donde se han presentado más casos asociados al calor intenso, especialmente en el año 2018 con 11.

Tabla 95. Casos asociados a temperaturas extremas por municipio para Quintana Roo.

MUNICIPIO DE OCURRENCIA	2014	2015	2016	2017	2018
LÁZARO CÁRDENAS	1	0	0	0	0
SOLIDARIDAD	2	1	0	6	1
TULUM	1	0	0	0	0
BENITO JUÁREZ	**1**	**6**	**1**	**3**	**11**
FELIPE CARRILLO PUERTO	0	1	0	0	0
OTHÓN P. BLANCO	0	2	0	0	0
BACALAR	0	0	0	1	0
COZUMEL	0	1	0	0	0
TOTAL ESTADO	**5**	**11**	**1**	**10**	**12**

Fuente: Elaboración propia a partir de la Secretaría de Salud del Estado de Quintana Roo.

Asimismo, se contabilizan las defunciones por ondas de calor, donde se ratifica las defunciones causa de temperaturas extremas al sistema del Departamento de Información Epidemiológica de la SESA. Estos informes son permanentes y de forma semanal. Para el caso del municipio de Benito Juárez fue un caso para 2016, otro para 2017 y dos para 2018 (Tabla 96). Que luego son reportados a nivel nacional.

Tabla 96. Defunciones asociadas a temperaturas naturales extremas.

MUNICIPIO DE OCURRENCIA	2014	2015	2016	2017	2018
OTHÓN P. BLANCO	1	0	0	0	0
SOLIDARIDAD	1	2	1	0	0
BENITO JUÁREZ	**0**	**0**	**1**	**1**	**2**
LÁZARO CÁRDENAS	0	0	1	0	0
TULUM	0	0	1	0	0
FELIPE CARRILLO PUERTO	1	1	0	0	0
TOTAL	**3**	**3**	**4**	**1**	**2**

Fuente: Elaboración propia a partir de la Secretaría de Salud del Estado de Quintana Roo.

En el mapa II.2.1 se puede advertir la distribución de las seis estaciones meteorológicas utilizadas para los cálculos de temperaturas máximas (cálidas) y mínimas (gélidas) del municipio de Benito Juárez. Los datos obtenidos se derivan de la realización de mediciones y observaciones puntuales de los diferentes parámetros meteorológicos utilizando los instrumentos adecuados, para así poder establecer el comportamiento atmosférico que afecta al territorio municipal. Estos parámetros dependen del contenido de humedad en el aire, que está determinado por la evaporación local, la temperatura ambiente y el transporte atmosférico horizontal de la humedad. Esa cantidad no es constante, sino que dependerá de diversos factores, como si ha llovido recientemente, si estamos cerca del mar, si hay plantas, entre otros factores.

Estas estaciones registran a diario la precipitación en 24 horas y temperatura mínima y máxima. Una temperatura máxima corporal central se encuentra entre los 37.5 y 38.3 grados Celsius. Para encontrarnos en peligro, la temperatura corporal debe estar por encima de los 40 grados, es muy probable que sea fatal debido al daño causado a las enzimas respiratorias, lo que comúnmente llamamos “golpe de calor”, es decir, problemas de calor por hipertermia, el cual se produce cuando el cuerpo está demasiado caliente.

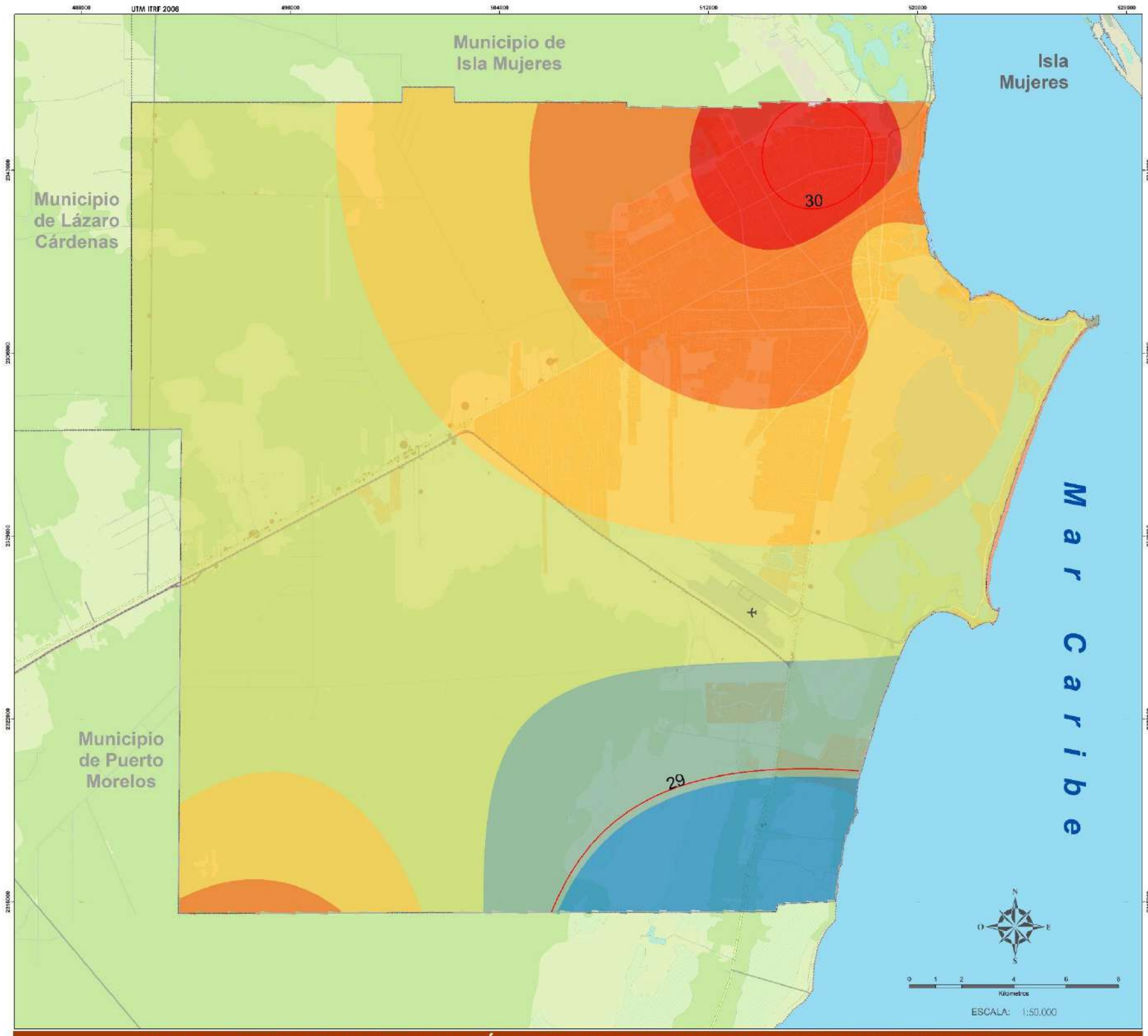
Como se comentó en párrafos anteriores, se tomaron estaciones climáticas ubicadas fuera de los límites del municipio, para poder tener más precisión en los análisis presentados. Estas estaciones pertenecen a los municipios de Puerto Morelos e Isla Mujeres (mapa II.2.1).



Los pasos metodológicos utilizados para analizar las temperaturas máximas y mínimas se describen a continuación. Para esto se utilizó los datos obtenidos de CONAGUA (2017) correspondientes a las seis estaciones meteorológicas mencionadas. Se trabajaron con el promedio computado de los datos por mes y estación, y por estación anual promediado. Este análisis permitirá, entre otras cosas, establecer parámetros para la identificación de eventos representativos y medidas preventivas para personal de protección civil y su población en el municipio.

1) En primer lugar, se localizaron geográficamente las estaciones climáticas de Benito Juárez y municipios cercanos, es decir, su ubicación en el espacio geográfico del municipio a partir de sus coordenadas de Latitud y Longitud (Tabla 93 y mapa II.2.1).

2) La información de temperaturas máximas y mínimas se obtuvo del Sistema de Información Geográfica del Extractor Rápido de Información Climatológica (SIG ERIC) ver. 1.0" (http://hidrosuperf.imta.mx/sig_eric/) y de la Gerencia Estatal de Quintana Roo de la CONAGUA (2017), siendo un acumulado de más de 56 años de datos (Tabla 94).
3) En una hoja de cálculo se depuro la información extraída, quitando registro donde no había información y comparando ambas bases de datos para completar información.
4) Se obtuvieron las Temperaturas Máximas Promedio, la cual hace referencia al promedio de temperaturas máximas mensual por estación (mapas II.2.2 al II.2.13). Se muestran los mapas de los meses con mayor temperatura.
5) Se identificaron también, para el periodo de estudio (56 años), las zonas con más probabilidad de peligro por Temperaturas Máximas Anuales en el municipio (II.2.14).
6) De la misma manera, se obtuvieron las Temperaturas Mínimas Promedio para el municipio, haciendo referencia al promedio de temperaturas mínimas mensual por estación (mapas II.2.15 al II.2.26).
7) También se identificó las zonas con probabilidades de peligro por Temperaturas Mínimas Promedio Mensual para el municipio (mapa II.2.27).
8) Se cartografiaron los datos obtenidos, y el resultando fue 12 mapas para la Temperatura Máxima Promedio y 12 para Temperatura Mínima Promedio, para un periodo aproximado de 56 años, así como dos mapas de probabilidad de peligro.
9) Utilizando técnicas de geoprocesamiento, el análisis espacial de los datos se realizó con el método *IDW (Inverse Distance Weighted)*, para su interpolación. Este método presupone que la variable que se representa cartográficamente disminuye su influencia a mayor distancia desde su ubicación de muestra. Es decir, al interpolar una superficie una ubicación más distante tendrá menos influencia.
10) A partir de lo anterior se puede obtener varios productos cartográficos para el análisis de temperaturas para el municipio de Benito Juárez.



II.2.2. MAPA DE TEMPERATURA MÁXIMA PROMEDIO MENSUAL DE ENERO (1961-2017)

SIMBOLOGÍA

Temperatura Máxima °C
ENERO
- 29.81 - 30.19
- 29.56 - 29.8
- 29.39 - 29.55
- 29.22 - 29.38
- 28.99 - 29.21
- 28.65 - 28.98
- Isoterma 1°

Límites
- Otros Municipios

Localidades urbanas
- Municipio de Benito Juárez
- De otros municipios

Localidades rurales (tamaño población)
- Más de 25
- 6 - 25
- Menos de 5
- Sin dato
- Otros municipios

Hidrología
- Cuerpo de agua
- Terreno sujeto a inundación

Vías de comunicación
- Federal
- Estatal
- Cuota
- Otros
- Av. Principales
- Aeropuerto

Vegetación y suelo
- Vegetación densa
- Zona arenosa

LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ EN EL CONTEXTO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

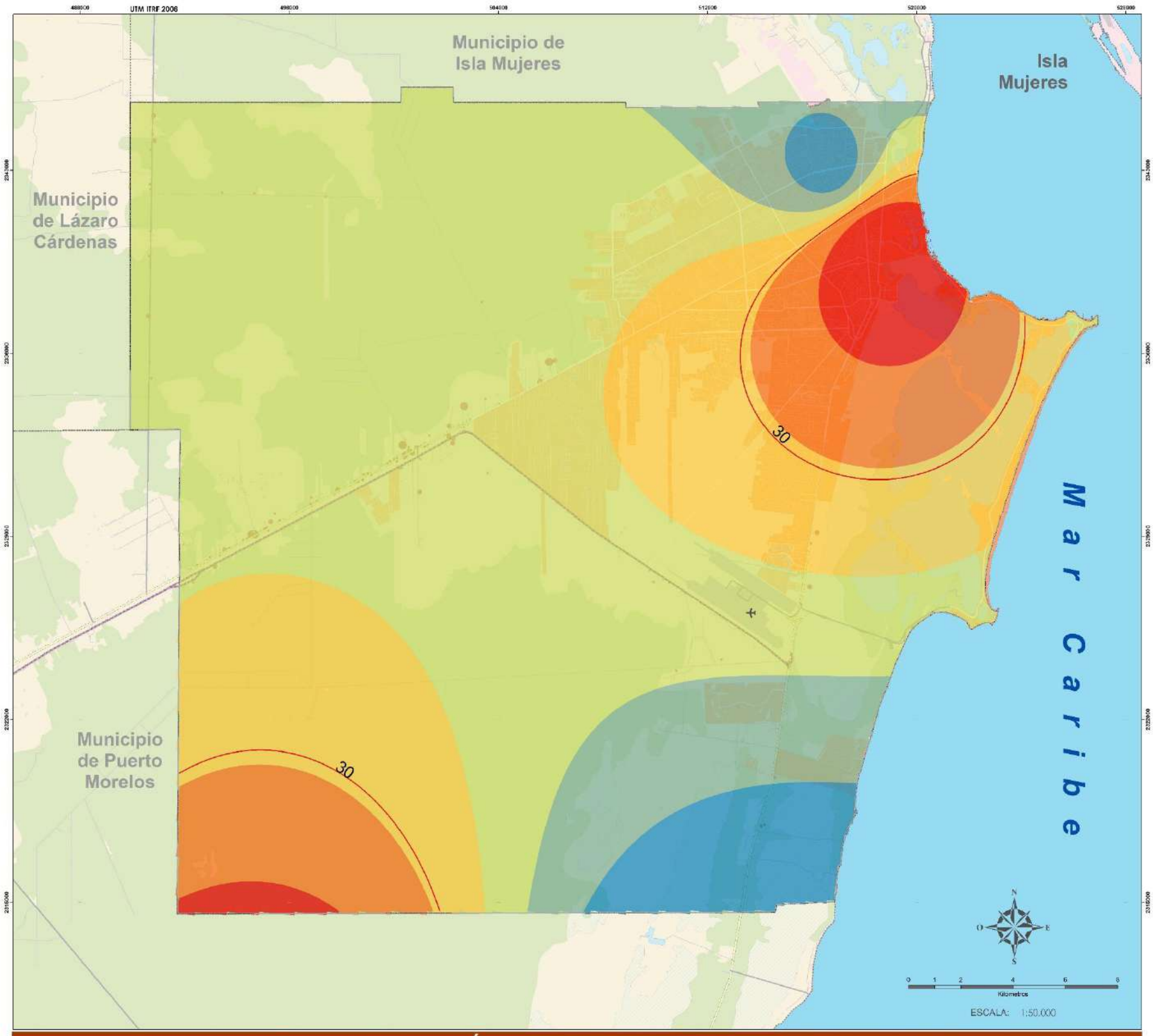


ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO 2018

Elaborado por:
Universidad de Quintana Roo | División de Ciencias e Ingeniería
CIG Centro de Información Geográfica

Fuente:
MARCO GEOESTADISTICO, junio 2018 del INEGI. CARTAS TOPOGRÁFICAS a escala 1:50,000 del INEGI. MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN con 5 m de resolución derivado de sensores remotos satelitales y aerotrasportados. Sistema de Información Geográfica del Extractor Rápido de Información Climatológica (SIG ERIC) ver. 1.0" (http://hidrosuperf.imta.mx/sig_eric/). CONAGUA (2017).

Agosto 2018



II.2.3. MAPA DE TEMPERATURA MÁXIMA PROMEDIO MENSUAL DE FEBRERO (1961-2017)

SIMBOLOGÍA

Temperatura Máxima °C
FEBRERO
- 30.32 - 30.79
- 30.04 - 30.31
- 29.83 - 30.03
- 29.66 - 29.82
- 29.44 - 29.65
- 29.09 - 29.43
- Isoterma 1°

Límites
- Otros Municipios

Localidades urbanas
- Municipio de Benito Juárez
- De otros municipios

Localidades rurales (tamaño población)
- Más de 25
- 6 - 25
- Menos de 5
- Sin dato
- Otros municipios

Hidrologia
- Cuerpo de agua
- Terreno sujeto a inundación

Vías de comunicación
- Federal
- Estatal
- Cuota
- Otros
- Av. Principales
- Aeropuerto

Vegetación y suelo
- Vegetación densa
- Zona arenosa

LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ EN EL CONTEXTO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

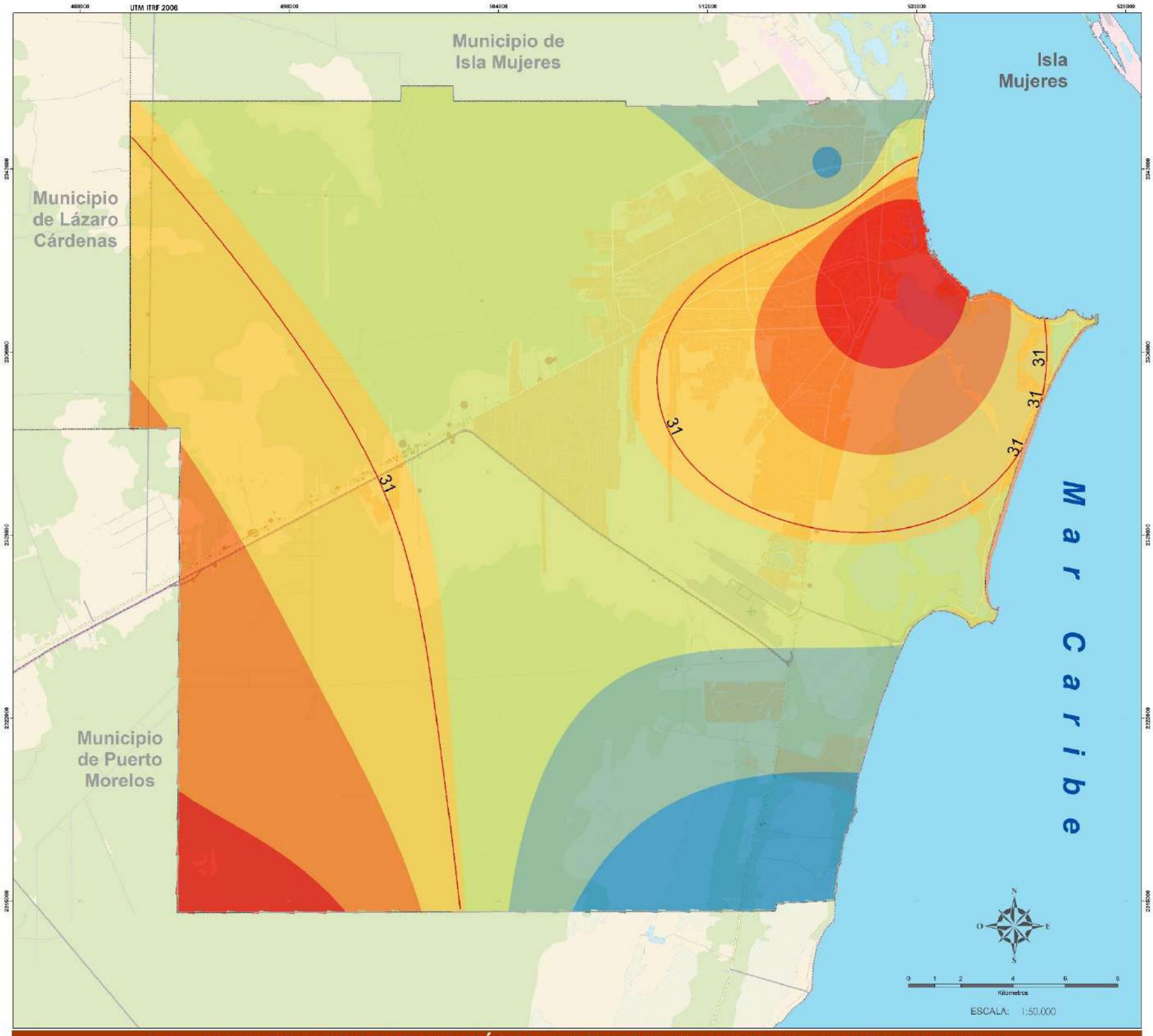


ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO 2018

Elaborado por:
Universidad de Quintana Roo | División de Ciencias e Ingeniería
CIG Centro de Información Geográfica

Fuente:
MARCO GEOESTADISTICO, junio 2018 del INEGI. CARTAS TOPOGRÁFICAS a escala 1:50,000 del INEGI. MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN con 5 m de resolución derivado de sensores remotos satelitales y aerotrasportados. Sistema de Información Geográfica del Extractor Rápido de Información Climatológica (SIG ERIC) ver. 1.0" (http://hidrosuperf.imta.mx/sig_eric/). CONAGUA (2017).

Agosto 2018



II.2.4. MAPA DE TEMPERATURA MÁXIMA PROMEDIO MENSUAL DE MARZO (1961-2017)

SIMBOLOGÍA

Temperatura Máxima °C
MARZO
- 31.35 - 31.73
- 31.14 - 31.34
- 30.99 - 31.13
- 30.83 - 30.98
- 30.8 - 30.82
- 30.24 - 30.59
- Isoterma 1°

Límites
- Otros Municipios

Localidades urbanas
- Municipio de Benito Juárez
- De otros municipios

Localidades rurales (tamaño población)
- Más de 25
- 6 - 25
- Menos de 5
- Sin dato
- Otros municipios

Hidrologia
- Cuerpo de agua
- Terreno sujeto a inundación

Vías de comunicación
- Federal
- Estatal
- Cuota
- Otros
- Av. Principales
- Aeropuerto

Vegetación y suelo
- Vegetación densa
- Zona arenosa

LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ EN EL CONTEXTO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

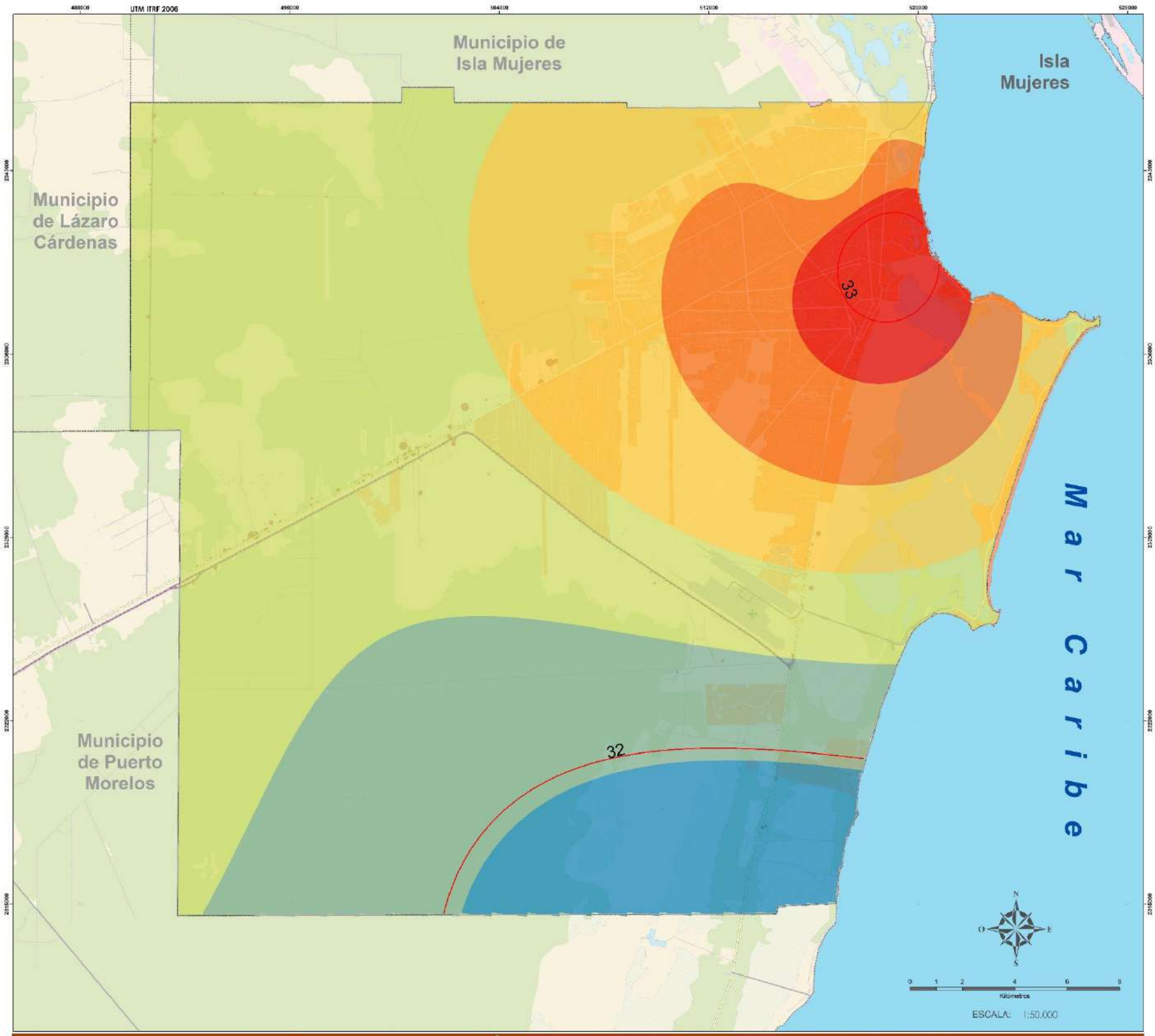


ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO 2018

Elaborado por:
Universidad de Quintana Roo | División de Ciencias e Ingeniería
CIG

Fuente:
MARCO GEOESTADISTICO, junio 2018 del INEGI. CARTAS TOPOGRÁFICAS a escala 1:50,000 del INEGI. MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN con 5 m de resolución derivado de sensores remotos satelitales y aerotrasportados. Sistema de Información Geográfica del Extractor Rápido de Información Climatológica (SIG ERIC) ver. 1.0" (http://hidrosuperf.imta.mx/sig_eric/). CONAGUA (2017).

Agosto 2018



II.2.5. MAPA DE TEMPERATURA MÁXIMA PROMEDIO MENSUAL DE ABRIL (1961-2017)

SIMBOLOGÍA

Temperatura Máxima °C
ABRIL
- 32.83 - 33.18
- 32.59 - 32.82
- 32.41 - 32.58
- 32.22 - 32.4
- 31.98 - 32.21
- 31.58 - 31.97
- Isoterma 1°

Límites
- Otros Municipios

Localidades urbanas
- Municipio de Benito Juárez
- De otros municipios

Localidades rurales (tamaño población)
- Más de 25
- 6 - 25
- Menos de 5
- Sin dato
- Otros municipios

Hidrologia
- Cuerpo de agua
- Terreno sujeto a inundación

Vías de comunicación
- Federal
- Estatal
- Cuota
- Otros
- Av. Principales
- Aeropuerto

Vegetación y suelo
- Vegetación densa
- Zona arenosa

LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ EN EL CONTEXTO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

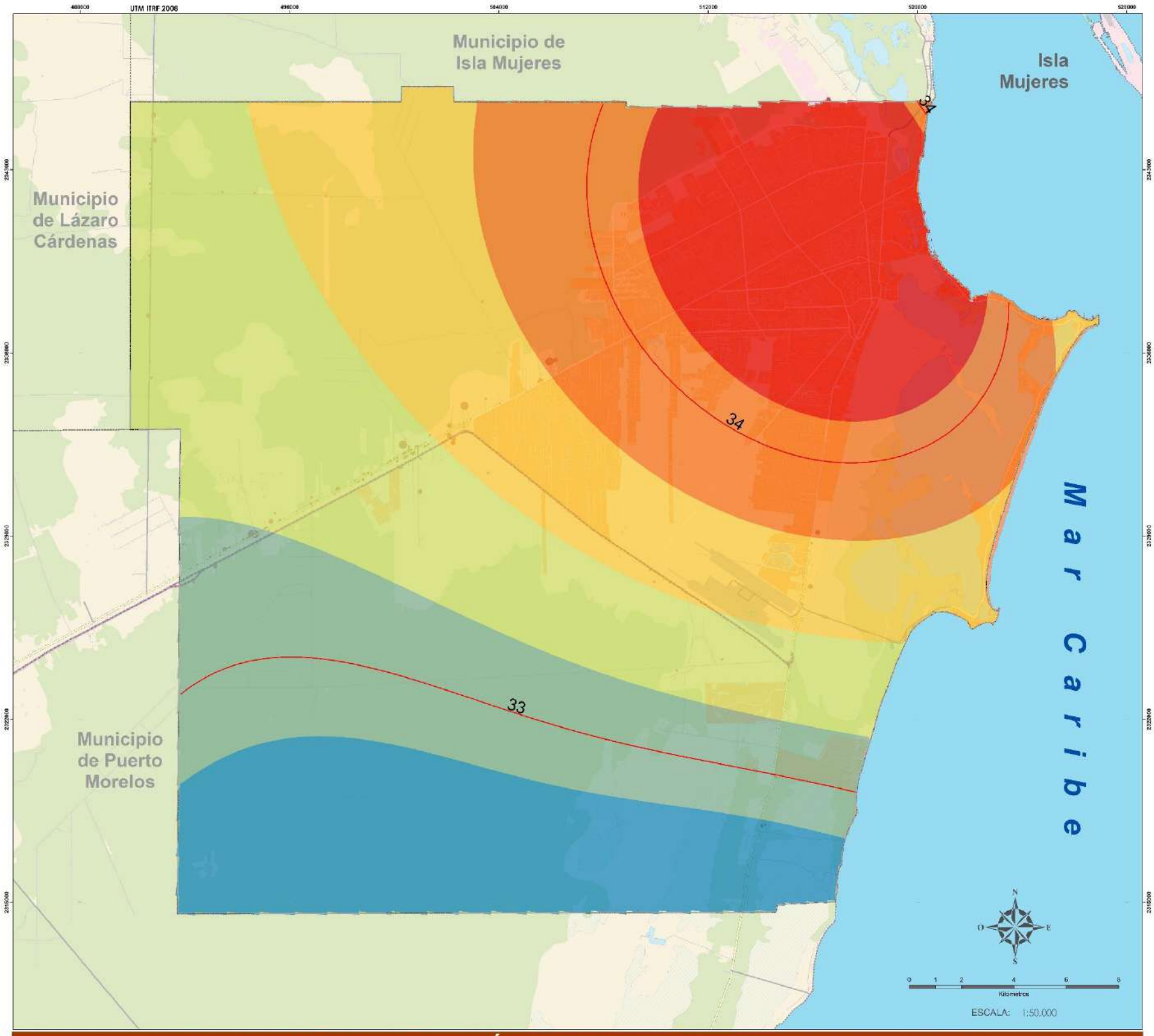


ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO 2018

Elaborado por:
Universidad de Quintana Roo | División de Ciencias e Ingeniería
CIG Centro de Información Geográfica

Fuente:
MARCO GEOESTADISTICO, junio 2018 del INEGI. CARTAS TOPOGRÁFICAS a escala 1:50,000 del INEGI. MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN con 5 m de resolución derivado de sensores remotos satelitales y aerotrasportados. Sistema de Información Geográfica del Extractor Rápido de Información Climatológica (SIG ERIC) ver. 1.0" (http://hidrosuperf.imta.mx/sig_eric/). CONAGUA (2017).

Agosto 2018



II.2.6. MAPA DE TEMPERATURA MÁXIMA PROMEDIO MENSUAL DE MAYO (1961-2017)

SIMBOLOGÍA

Temperatura Máxima °C
MAYO
- 34.12 - 34.5
- 33.79 - 34.11
- 33.49 - 33.78
- 33.19 - 33.48
- 32.86 - 33.18
- 32.44 - 32.85
- Isoterma 1°

Límites
- Otros Municipios

Localidades urbanas
- Municipio de Benito Juárez
- De otros municipios

Localidades rurales (tamaño población)
- Más de 25
- 6 - 25
- Menos de 5
- Sin dato
- Otros municipios

Hidrologia
- Cuerpo de agua
- Terreno sujeto a inundación

Vías de comunicación
- Federal
- Estatal
- Cuota
- Otros
- Av. Principales
- Aeropuerto

Vegetación y suelo
- Vegetación densa
- Zona arenosa

LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ EN EL CONTEXTO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

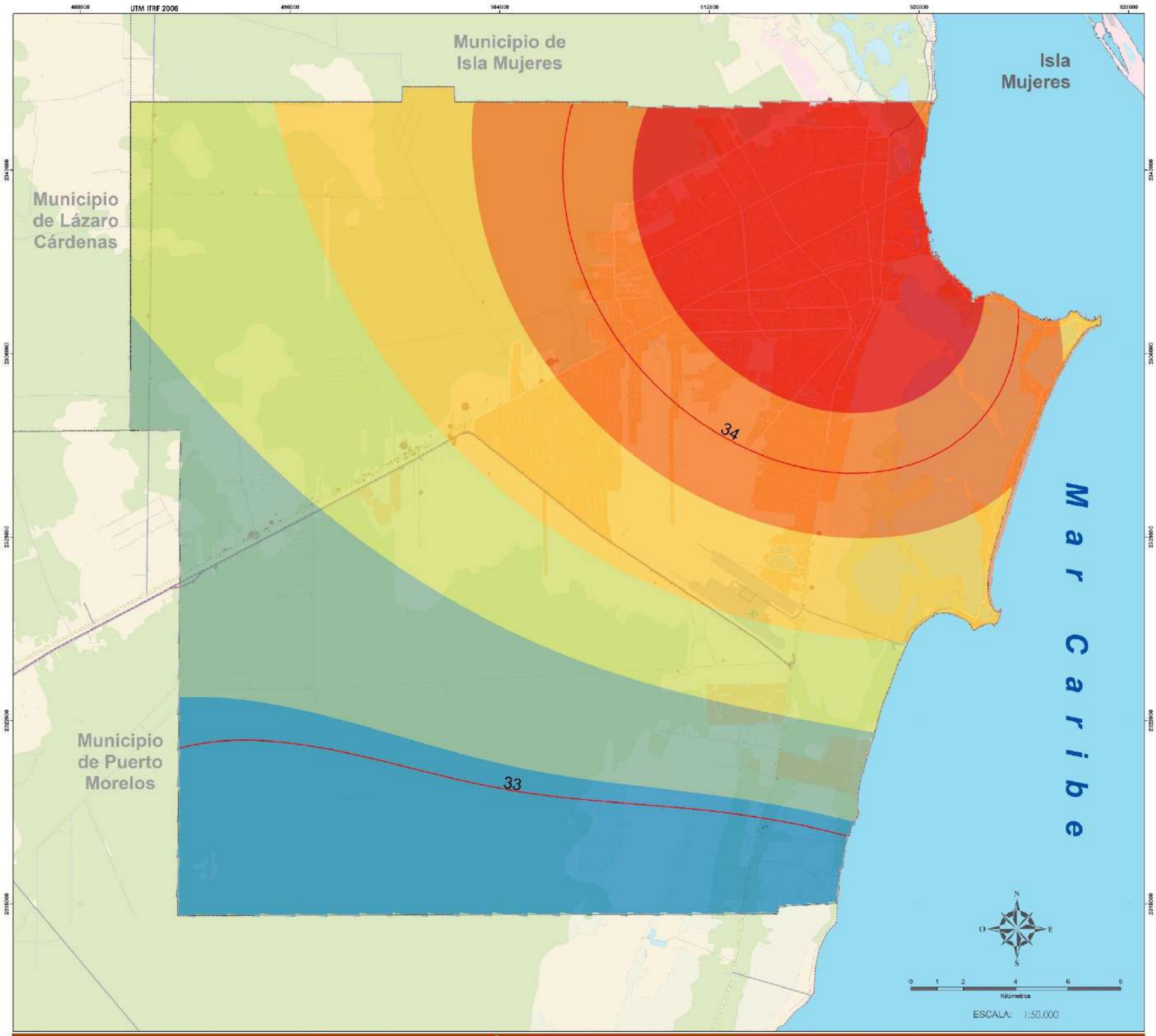


ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO 2018

Elaborado por:
Universidad de Quintana Roo | División de Ciencias e Ingeniería
CIG

Fuente:
MARCO GEOESTADISTICO, junio 2018 del INEGI. CARTAS TOPOGRÁFICAS a escala 1:50,000 del INEGI. MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN con 5 m de resolución derivado de sensores remotos satelitales y aerotrasportados. Sistema de Información Geográfica del Extractor Rápido de Información Climatológica (SIG ERIC) ver. 1.0" (http://hidrosuperf.imta.mx/sig_eric/). CONAGUA (2017).

Agosto 2018



II.2.7. MAPA DE TEMPERATURA MÁXIMA PROMEDIO MENSUAL DE JUNIO (1961-2017)

SIMBOLOGÍA

Temperatura Máxima °C
JUNIO
- 34.14 - 34.51
- 33.85 - 34.13
- 33.59 - 33.84
- 33.33 - 33.58
- 33.06 - 33.32
- 32.72 - 33.05
- Isoterma 1°

Límites
- Otros Municipios

Localidades urbanas
- Municipio de Benito Juárez
- De otros municipios

Localidades rurales (tamaño población)
- Más de 25
- 6 - 25
- Menos de 5
- Sin dato
- Otros municipios

Hidrologia
- Cuerpo de agua
- Terreno sujeto a inundación

Vías de comunicación
- Federal
- Estatal
- Cuota
- Otros
- Av. Principales
- Aeropuerto

Vegetación y suelo
- Vegetación densa
- Zona arenosa

LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ EN EL CONTEXTO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

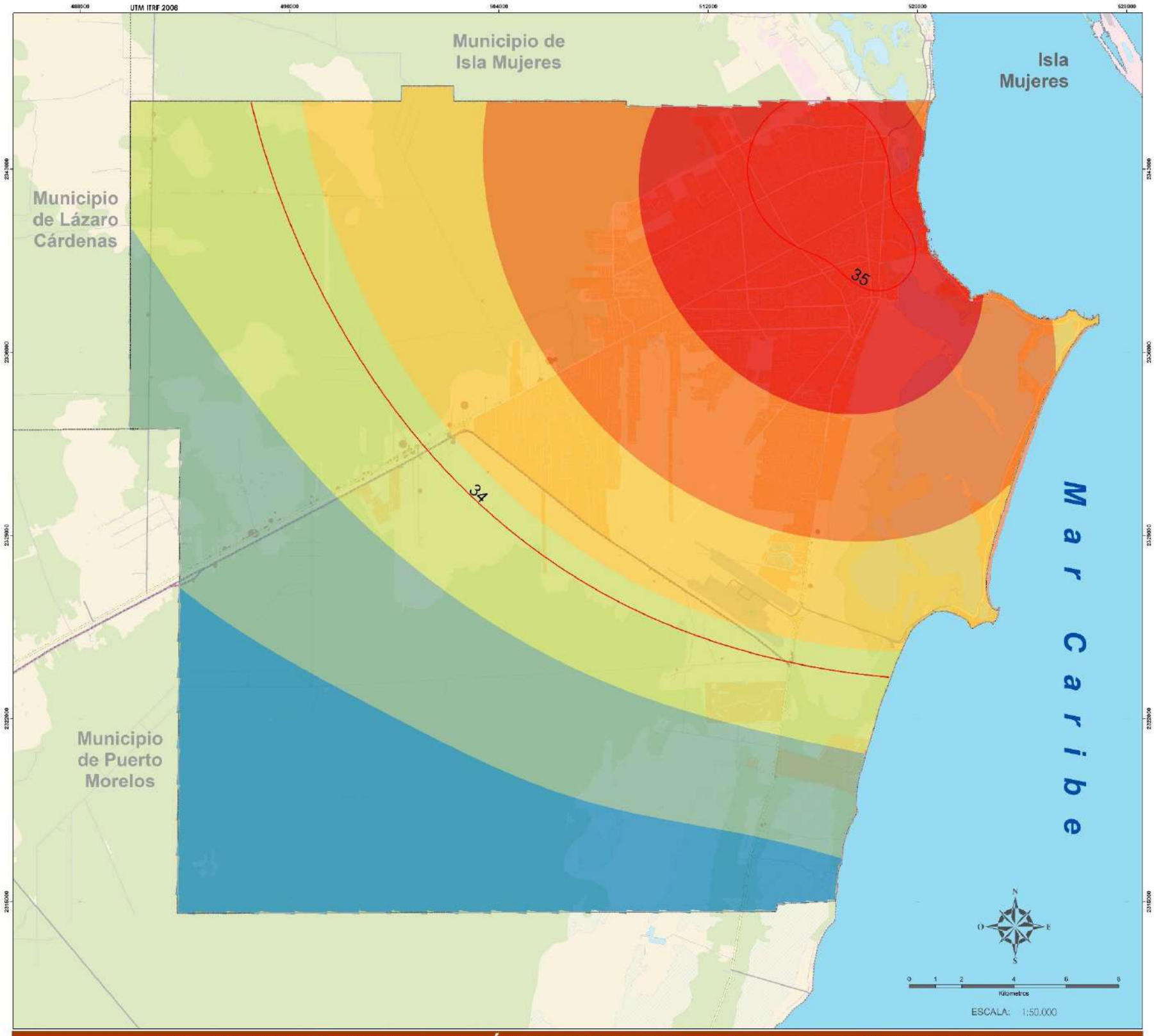


ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO 2018

Elaborado por:
Universidad de Quintana Roo | División de Ciencias e Ingeniería
CIG Centro de Información Geográfica

Fuente:
MARCO GEOESTADISTICO, junio 2018 del INEGI. CARTAS TOPOGRÁFICAS a escala 1:50,000 del INEGI. MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN con 5 m de resolución derivado de sensores remotos satelitales y aerotrasportados. Sistema de Información Geográfica del Extractor Rápido de Información Climatológica (SIG ERIC) ver. 1.0" (http://hidrosuperf.imta.mx/sig_eric/). CONAGUA (2017).

Agosto 2018



II.2.8. MAPA DE TEMPERATURA MÁXIMA PROMEDIO MENSUAL DE JULIO (1961-2017)

SIMBOLOGÍA

Temperatura Máxima °C
JULIO
- 34.74 - 35.16
- 34.4 - 34.73
- 34.08 - 34.39
- 33.78 - 34.07
- 33.48 - 33.77
- 33.06 - 33.47
- Isoterma 1°

Límites
- Otros Municipios

Localidades urbanas
- Municipio de Benito Juárez
- De otros municipios

Localidades rurales (tamaño población)
- Más de 25
- 6 - 25
- Menos de 5
- Sin dato
- Otros municipios

Hidrologia
- Cuerpo de agua
- Terreno sujeto a inundación

Vías de comunicación
- Federal
- Estatal
- Cuota
- Otros
- Av. Principales
- Aeropuerto

Vegetación y suelo
- Vegetación densa
- Zona arenosa

LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ EN EL CONTEXTO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

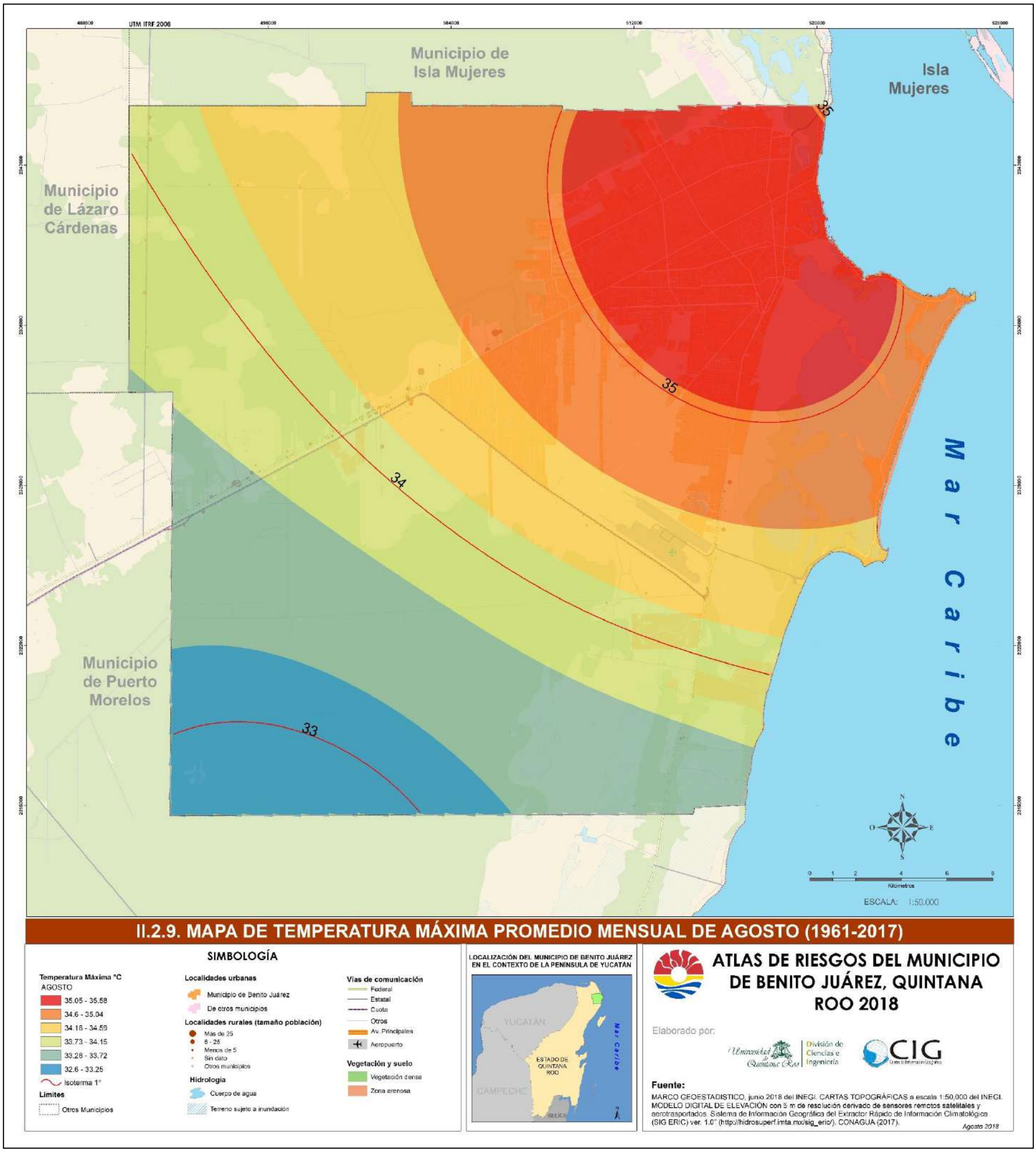


ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO 2018

Elaborado por:
Universidad de Quintana Roo | División de Ciencias e Ingeniería
CIG

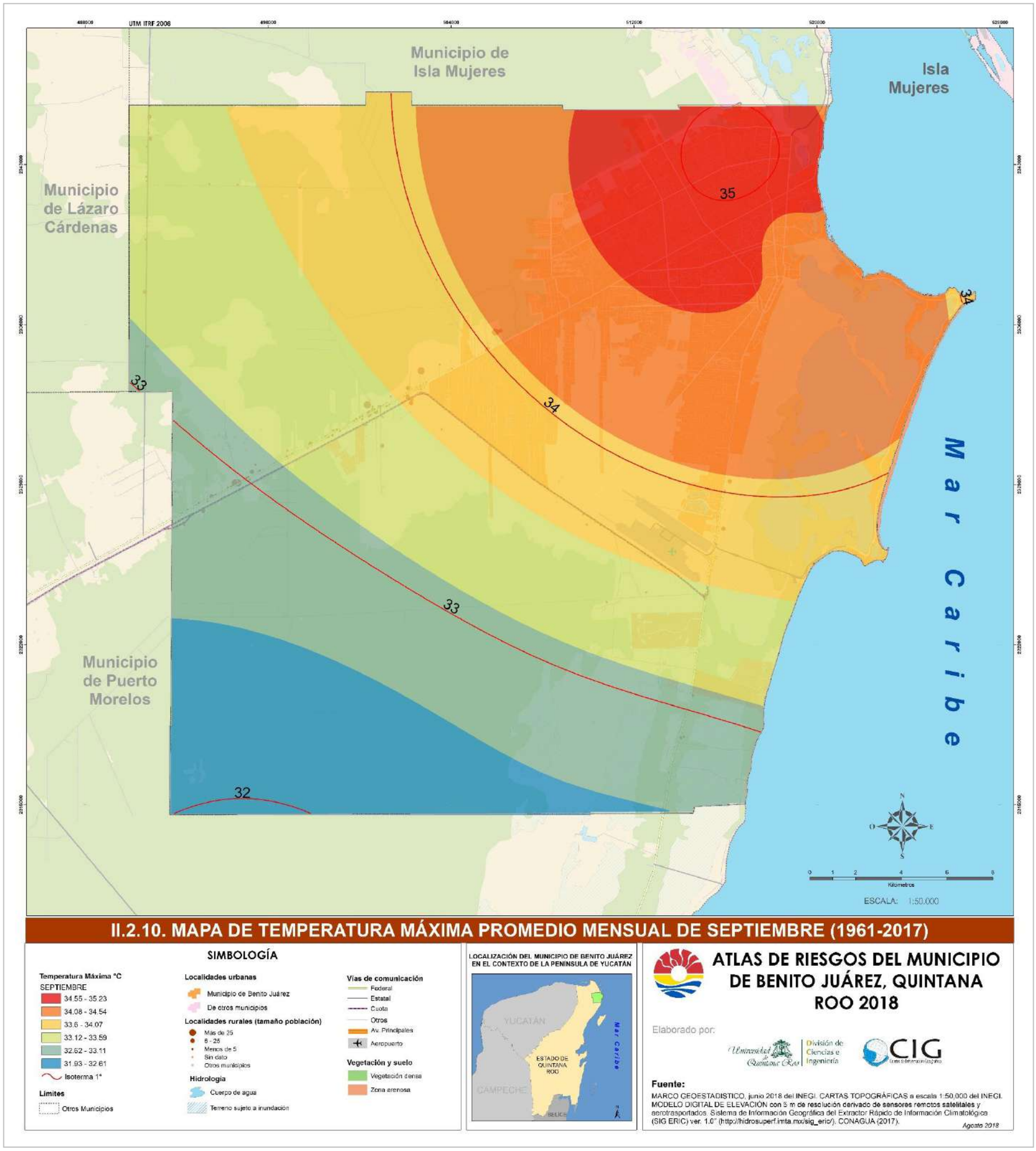
Fuente:
MARCO GEOESTADISTICO, junio 2018 del INEGI. CARTAS TOPOGRÁFICAS a escala 1:50,000 del INEGI. MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN con 5 m de resolución derivado de sensores remotos satelitales y aerotrasportados. Sistema de Información Geográfica del Extractor Rápido de Información Climatológica (SIG ERIC) ver. 1.0" (http://hidrosuperf.imta.mx/sig_eric/). CONAGUA (2017).

Agosto 2018

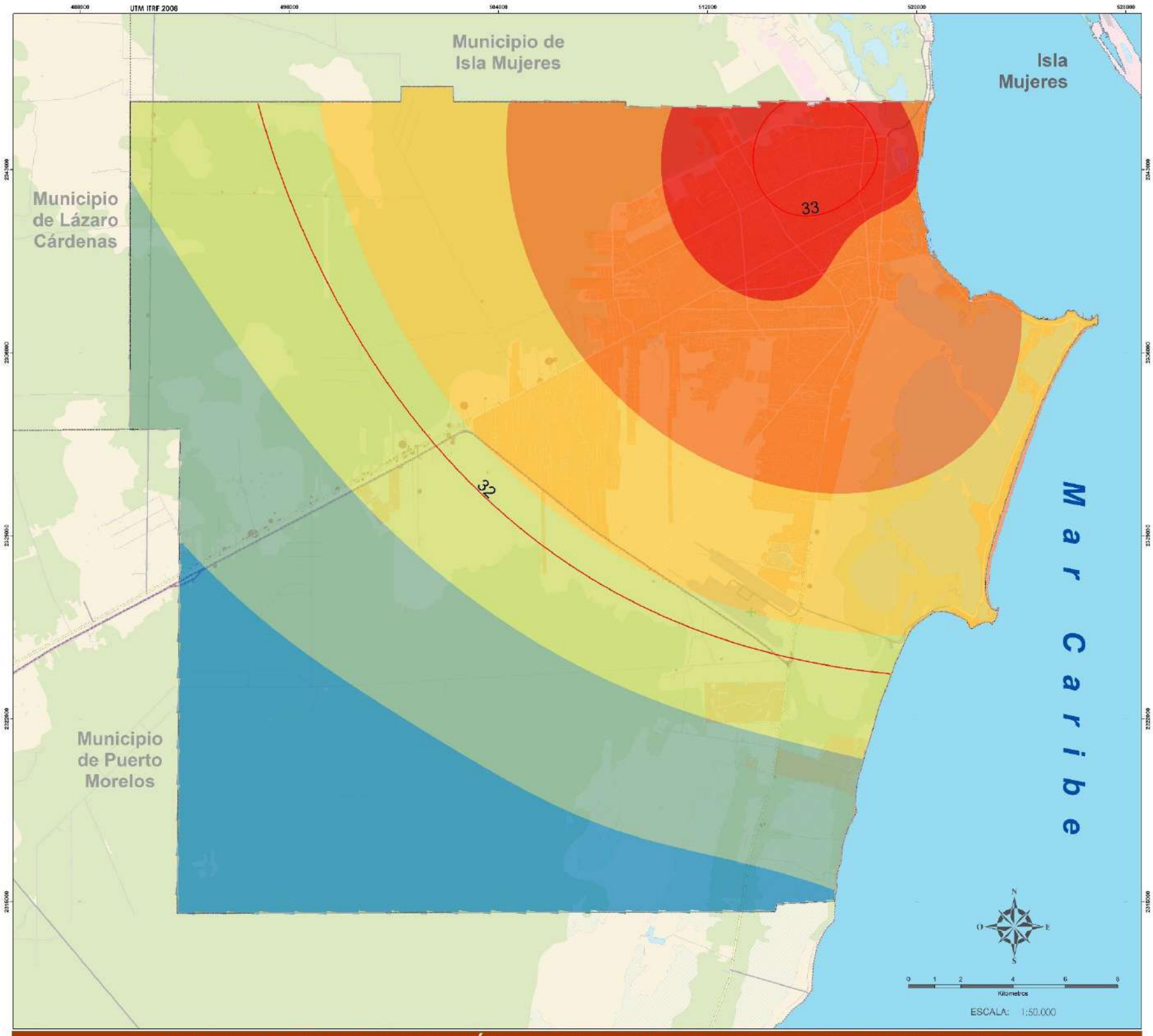


II.2.9. MAPA DE TEMPERATURA MÁXIMA PROMEDIO MENSUAL DE AGOSTO (1961-2017)

Para las temperaturas ambiente, se observa que el mes de agosto alcanza la temperatura más elevada para el periodo analizado (35.6 °C). El mapa II.2.9, correspondiente al mes de agosto, se observa la concentración de esta temperatura sobre la ciudad de Cancún, principalmente. Los meses de julio y septiembre también alcanzan temperaturas de 35 grados (mapas II.2.8 y II.2.10).



Para el mes de septiembre se pueden distinguir temperaturas entre 31 y 34 grados distribuidas a lo largo del territorio de Benito Juárez (mapa II.2.10). En el mes de diciembre, si bien es periodo de invierno y deberían considerarse las temperaturas mínimas, las registradas a lo largo de estos 56 años llegan a los 30 grados (mapa II.2.13, ver anexo).



II.2.11. MAPA DE TEMPERATURA MÁXIMA PROMEDIO MENSUAL DE OCTUBRE (1961-2017)

SIMBOLOGÍA

Temperatura Máxima °C
OCTUBRE
- 32.75 - 33.21
- 32.42 - 32.74
- 32.1 - 32.41
- 31.8 - 32.09
- 31.5 - 31.79
- 31.08 - 31.49
- Isoterma 1°

Límites
- Otros Municipios

Localidades urbanas
- Municipio de Benito Juárez
- De otros municipios

Localidades rurales (tamaño población)
- Más de 25
- 6 - 25
- Menos de 5
- Sin dato
- Otros municipios

Hidrologia
- Cuerpo de agua
- Terreno sujeto a inundación

Vías de comunicación
- Federal
- Estatal
- Cuota
- Otros
- Av. Principales
- Aeropuerto

Vegetación y suelo
- Vegetación densa
- Zona arenosa

LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ EN EL CONTEXTO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

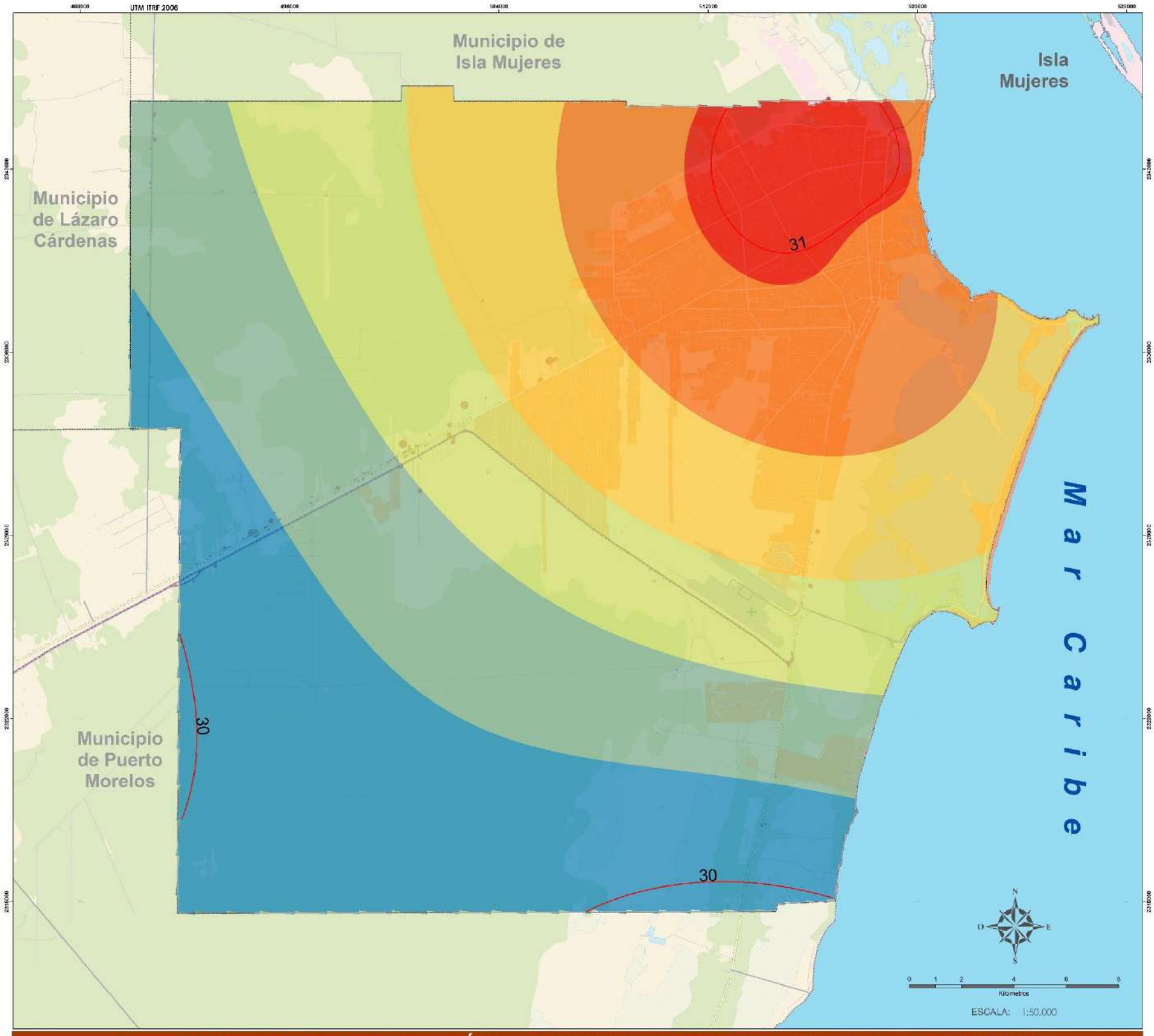


ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO 2018

Elaborado por:
Universidad de Quintana Roo | División de Ciencias e Ingeniería
CIG Centro de Información Geográfica

Fuente:
MARCO GEOESTADISTICO, junio 2018 del INEGI. CARTAS TOPOGRÁFICAS a escala 1:50,000 del INEGI. MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN con 5 m de resolución derivado de sensores remotos satelitales y aerotrasportados. Sistema de Información Geográfica del Extractor Rápido de Información Climatológica (SIG ERIC) ver. 1.0" (http://hidrosuperf.imta.mx/sig_eric/). CONAGUA (2017).

Agosto 2018



II.2.12. MAPA DE TEMPERATURA MÁXIMA PROMEDIO MENSUAL DE NOVIEMBRE (1961-2017)

SIMBOLOGÍA

Temperatura Máxima °C
NOVIEMBRE
- 30.96 - 31.23
- 30.75 - 30.95
- 30.56 - 30.74
- 30.37 - 30.55
- 30.18 - 30.36
- 29.95 - 30.17
- Isoterma 1°

Límites
- Otros Municipios

Localidades urbanas
- Municipio de Benito Juárez
- De otros municipios

Localidades rurales (tamaño población)
- Más de 25
- 6 - 25
- Menos de 5
- Sin dato
- Otros municipios

Hidrologia
- Cuerpo de agua
- Terreno sujeto a inundación

Vías de comunicación
- Federal
- Estatal
- Cuota
- Otros
- Av. Principales
- Aeropuerto

Vegetación y suelo
- Vegetación densa
- Zona arenosa

LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ EN EL CONTEXTO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

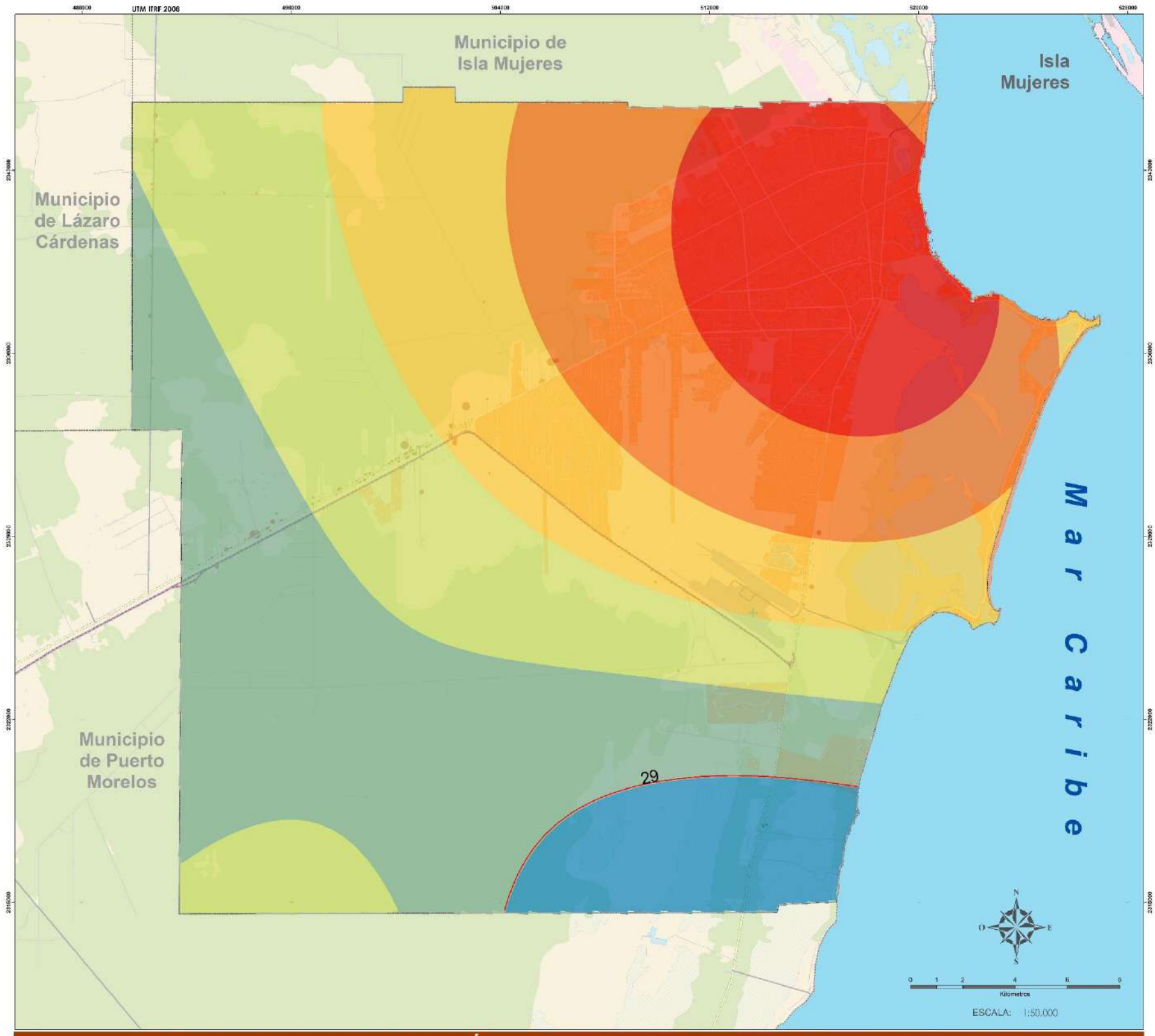


ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO 2018

Elaborado por:
Universidad de Quintana Roo | División de Ciencias e Ingeniería
CIG Centro de Información Geográfica

Fuente:
MARCO GEOESTADISTICO, junio 2018 del INEGI. CARTAS TOPOGRÁFICAS a escala 1:50,000 del INEGI. MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN con 5 m de resolución derivado de sensores remotos satelitales y aerotrasportados. Sistema de Información Geográfica del Extractor Rápido de Información Climatológica (SIG ERIC) ver. 1.0" (http://hidrosuperf.imta.mx/sig_eric/). CONAGUA (2017).

Agosto 2018



II.2.13. MAPA DE TEMPERATURA MÁXIMA PROMEDIO MENSUAL DE DICIEMBRE (1961-2017)

SIMBOLOGÍA

Temperatura Máxima °C
DICIEMBRE
- 29.55 - 29.78
- 29.41 - 29.54
- 29.27 - 29.4
- 29.16 - 29.26
- 29.01 - 29.15
- 28.74 - 29
- Isoterma 1°

Limites
- Otros Municipios

Localidades urbanas
- Municipio de Benito Juárez
- De otros municipios

Localidades rurales (tamaño población)
- Más de 25
- 6 - 25
- Menos de 5
- Sin dato
- Otros municipios

Hidrologia
- Cuerpo de agua
- Terreno sujeto a inundación

Vias de comunicación
- Federal
- Estatal
- Cuota
- Otros
- Av. Principales
- Aeropuerto

Vegetación y suelo
- Vegetación densa
- Zona arenosa

LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ EN EL CONTEXTO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN



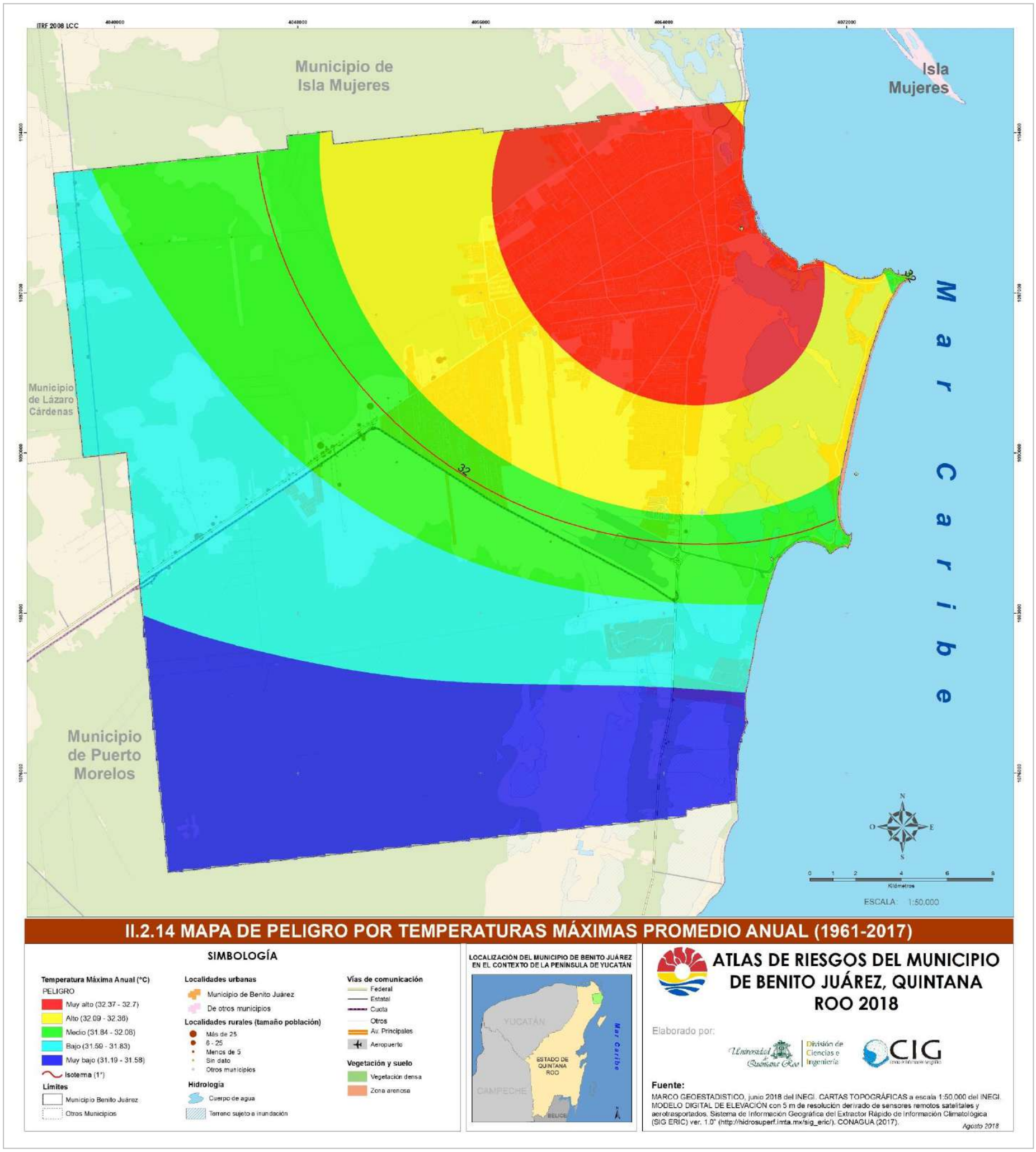
ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO 2018

Elaborado por:
Universidad de Quintana Roo | División de Ciencias e Ingeniería
CIG

Fuente:
MARCO GEOESTADISTICO, junio 2018 del INEGI. CARTAS TOPOGRÁFICAS a escala 1:50,000 del INEGI. MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN con 5 m de resolución derivado de sensores remotos satelitales y aerotrasportados. Sistema de Información Geográfica del Extractor Rápido de Información Climatológica (SIG ERIC) ver. 1.0" (http://hidrosuperf.imta.mx/sig_eric/). CONAGUA (2017).

Agosto 2018

En el mapa II.2.14, se observan las áreas con peligro de temperaturas extremas para el municipio de Benito Juárez. La categorización de las temperaturas máximas se encuentra entre los 31 y 33 grados. Se puede observar que a partir del centro de la capital del municipio y hacia sus zonas conurbadas como Alfredo V. Bonfil y Nuevo Amanecer el cambio entre temperaturas se encuentra entre los 32.4 y 32. 7 grados. Por el contrario, sus zonas ubicadas al sur y suroeste alcanzan temperaturas menos cálidas por encontrarse cerca de áreas con vegetación densa y menos urbanizada.



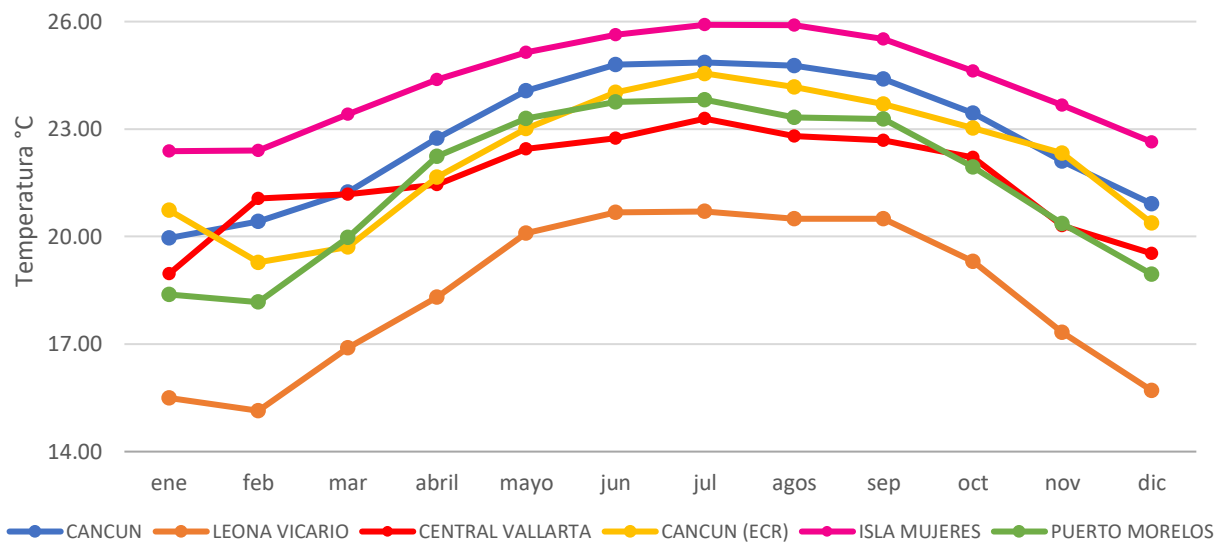
Temperaturas mínimas

La temporada de frentes fríos en México inicia en septiembre y concluye en mayo del siguiente año. De acuerdo con los reportes climatológicos de CONAGUA, que pueden ser consultados desde el sitio web del Servicio Meteorológico Nacional (https://smn.cna.gob.mx/es/) se presentan en promedio 44 sistemas frontales durante una temporada.

Las temperaturas mínimas, pueden identificarse como la menor temperatura registrada en un día, y se puede observar en entre las 06:00 y las 08:00 horas del día. Una ola u oleada de frío es un periodo de temperaturas muy bajas asociado con la invasión del territorio por masas de aire polar o continental. La importancia del monitoreo de estos sistemas radica en los marcados descensos de temperatura, rachas fuertes de viento y patrones de lluvia intensos asociados a su desplazamiento sobre México durante los meses de invierno. Las masas de aire polar continental que descienden en los meses de invierno hacia el hemisferio sur generan importantes descensos de la temperatura en el municipio y en todo el Estado de Quintana Roo, pudiéndose registrar valores mínimos entre 5 °C y 10 °C. Sin embargo, cabe señalar que para estos pronósticos climáticos se deben usar más variables atmosféricas como la humedad relativa, radiación solar, velocidad de viento, entre otras.

Del total de las 6 estaciones climáticas utilizadas para el análisis de temperaturas mínimas en el municipio de Benito Juárez (Mapa II.2.1), se promediaron los datos obtenidos dando lugar a una observación de 56 años. De las temperaturas mínimas promedio registradas entre los periodos analizados (gráfica 177 y tabla 97), para el municipio de Benito Juárez, se observan que la estación meteorológica de Leona Vicario (23014) registró la temperatura más baja para el mes de febrero de 15.14 °C, seguida de la de Puerto Morelos (23019) con 18.17 °C para el mismo mes.

Gráfica 177. Temperaturas mínima promedio mensual para el municipio de Benito Juárez (1961-2017).



Fuente: Elaboración propia a partir del Servicio Meteorológico Nacional.

Tabla 97. Promedio de la temperatura mínima registrada en las estaciones meteorológicas (1961-2017).

Clave estación / mes	23155	23014	23166	CANQR	23010	23019
Enero	19.96	**15.5**	18.96	20.74	22.38	18.38
Febrero	20.43	**15.14**	21.07	19.28	22.41	18.17
Marzo	21.24	**16.9**	21.18	19.7	23.41	19.97
Abril	22.75	**18.31**	21.45	21.66	24.37	22.24
Mayo	24.07	**20.1**	22.45	23.01	25.14	23.3
Junio	24.8	**20.67**	22.74	24.03	25.63	23.75
Julio	24.86	**20.7**	23.29	24.55	25.91	23.82
Agosto	24.77	**20.5**	22.8	24.17	25.9	23.32
Septiembre	24.39	**20.5**	22.69	23.7	25.51	23.28
Octubre	23.45	**19.3**	22.21	23.03	24.61	21.94
Noviembre	22.1	**17.33**	20.31	22.32	23.67	20.36
Diciembre	20.92	**15.7**	19.53	20.38	22.64	18.95

Fuente: Elaboración propia a partir del Servicio Meteorológico Nacional.

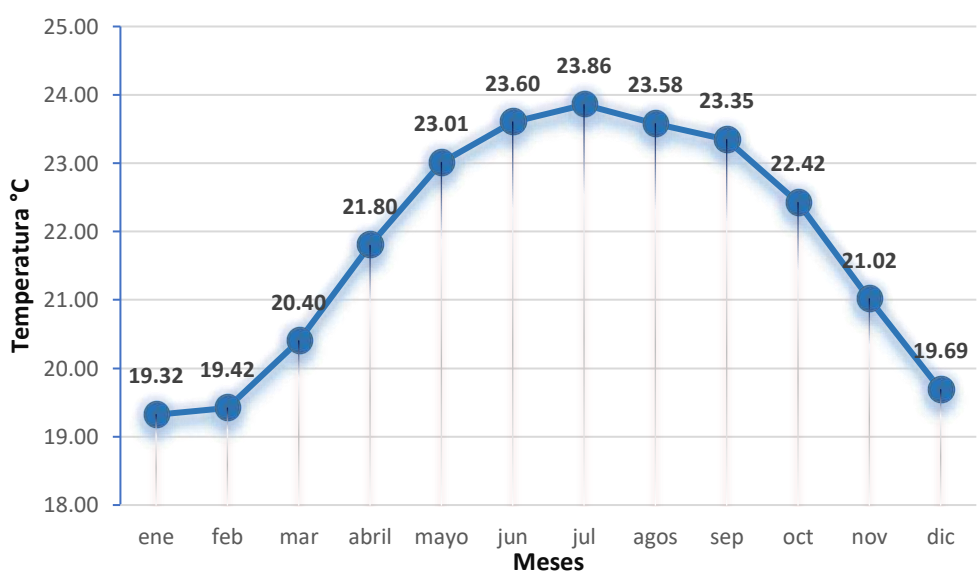
Los meses más fríos o con temperaturas más bajas para el municipio fueron, de acuerdo con el promedio mensual por año contabilizado y estación, enero y febrero (gráfica 177 y tabla 97). Las cuales tienen un ascenso entre los meses de junio, julio y agosto para volver a descender entre noviembre y diciembre.

Las temperaturas extremas bajas también pueden crear problemas con algunas de las cosas de las que dependemos los humanos. El frío intenso puede derribar líneas eléctricas por el peso del hielo, causando cortes de energía y las tuberías sin aislamiento se pueden congelar y explotar. Asimismo, el cuerpo humano no está diseñado para el frío polar. La mayoría de nosotros vive en climas templados y tropicales donde el termómetro rara vez baja de los 0 grados centígrados. Sin embargo, la gran mayoría de los seres humanos no estamos acostumbrados a vivir en esas extremas temperaturas heladas.

No obstante, el municipio de Benito Juárez ha llegado a temperaturas mínimas de 3 °C en diciembre de 1973, siguiéndole 4 °C en marzo y enero, de 1968 y 1971, respectivamente, las cuales se registraron en la estación Leona Vicario (23014). De la misma manera en marzo de 1996 se registró una temperatura mínima extrema de 9.5 °C (estación 23155) y en enero del año 2000 de 9 °C (estación 23166).

Las temperaturas promedio mínimas anuales muestran que enero, febrero y diciembre son los meses donde el termómetro marca menos de 20 grados (gráfica 178). Por otra parte, el mes de julio marca una mínima de 23.86 °C como promedio anual mínimo, ya que nos encontramos en periodo de verano y el aire es más cálido. En el mapa II.2.16, correspondiente al mes de febrero, se puede apreciar una distribución de las temperaturas mínimas por todo el municipio, al igual que para el mes de marzo (Mapa II.2.17), para los siguientes meses las temperaturas mínimas se van orientando hacia el oeste del territorio, debido principalmente por la dirección de los vientos alisios, por la rotación terrestre que los desvía hacia el oeste.

Gráfica 178. Temperatura mínima promedio anual (1961 a 2017).

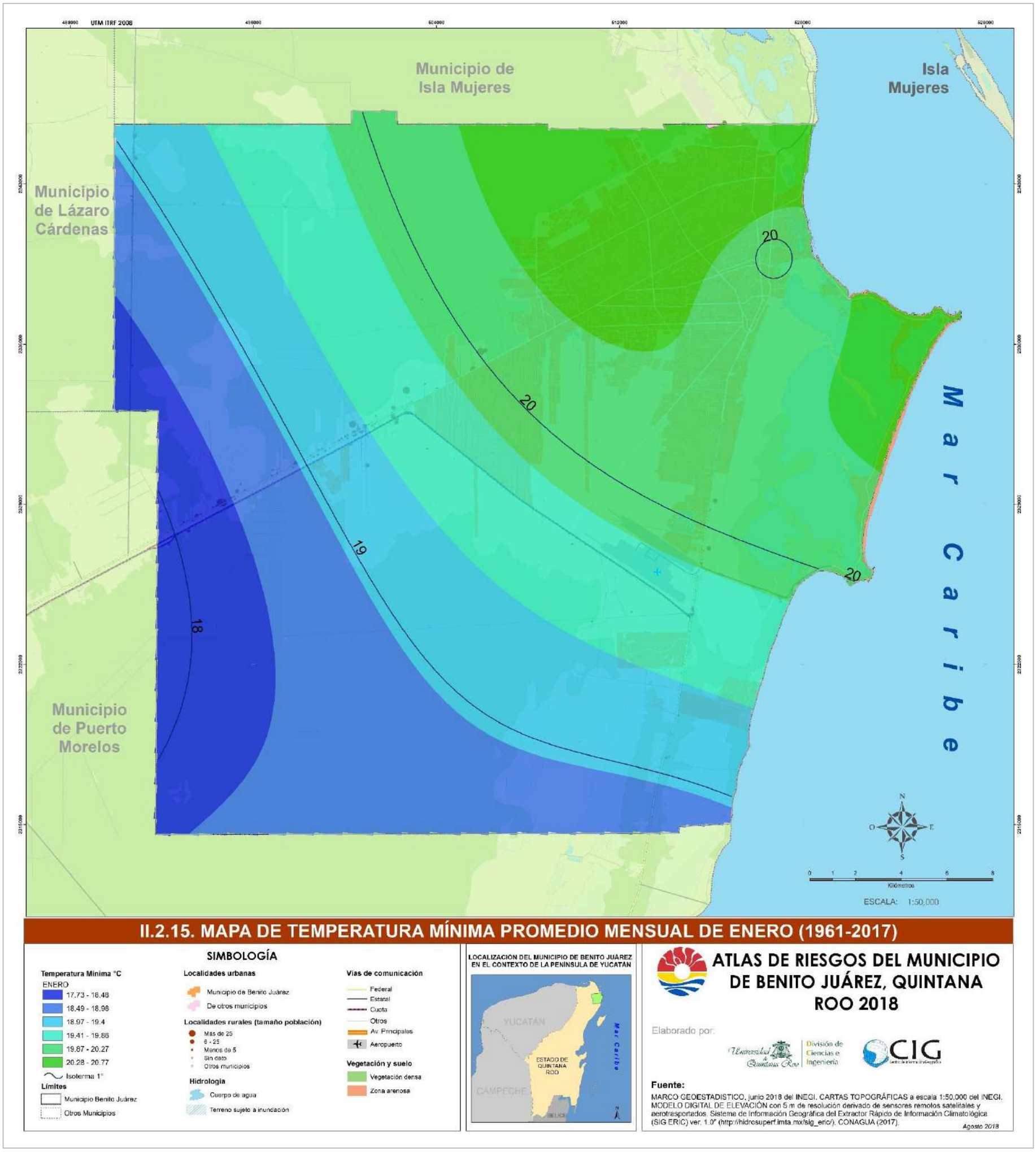


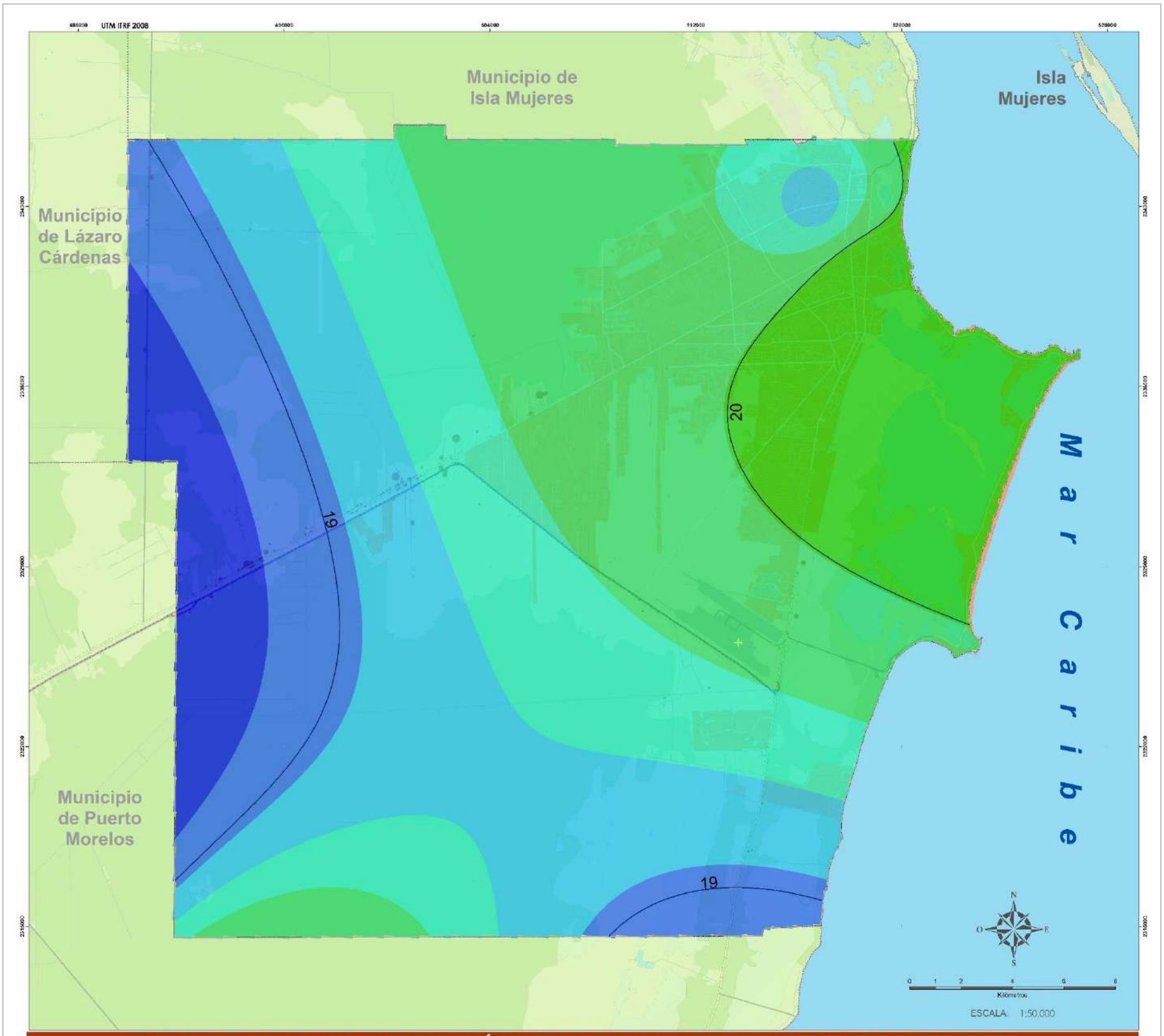
Fuente: Elaboración propia a partir del Servicio Meteorológico Nacional.

En el mapa II.2.23, se pueden identificar regiones dentro del territorio municipal propensas a alcanzar temperaturas en promedio entre los 20 y 23 grados centígrados como mínimas. De acuerdo con la clasificación utilizada la clase correspondiente a peligro “Muy Alto”, cuyas temperaturas se encuentran entre los 20 °C y 21 °C para el periodo de estudio (56 años), se localiza al Oeste, cercana a los municipios de Puerto Morelos y Lázaro Cárdenas. La ciudad de Cancún se encuentra envuelta por temperaturas mínimas con categorización de peligro “Bajo” y “Muy bajo”, las cuales se encuentran entre los rangos de 22 a 23 grados.

Al igual que para la temporada de calor, la sensación térmica en invierno depende de la combinación de temperatura y viento, ya que son estos factores los que aumentan la sensación de frío: la diferencia entre la temperatura de la piel (32°) y la del aire, y el efecto del viento, que acelera la pérdida de calor del cuerpo. Por ejemplo, un día con una temperatura de 0 °C y con el viento en calma, la sensación térmica será de 0 °C. Si a esa

misma temperatura sopla un viento de 25 km/h (7 m/s) la sensación será de -6 °C. La sensación térmica de invierno se calcula para valores de temperatura inferiores a 10 °C.





II.2.16. MAPA DE TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO MENSUAL DE FEBRERO (1961-2017)

SIMBOLOGÍA

Temperatura Mínima °C
FEBRERO
- 18.01 - 18.66
- 18.67 - 19.08
- 19.09 - 19.39
- 19.4 - 19.66
- 19.67 - 19.99
- 20 - 20.59
- Isoterma 1°

Límites
- Municipio Benito Juárez
- Otros Municipios

Localidades urbanas
- Municipio de Benito Juárez
- De otros municipios

Localidades rurales (tamaño población)
- Más de 25
- 6 - 25
- Menos de 5
- Sin dato
- Otros municipios

Hidrología
- Cuerpo de agua
- Terreno sujeto a inundación

Vías de comunicación
- Federal
- Estatal
- Cuota
- Otros
- Av. Principales
- Aeropuerto

Vegetación y suelo
- Vegetación densa
- Zona arenosa

LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ EN EL CONTEXTO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN



ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO 2018

Elaborado por:

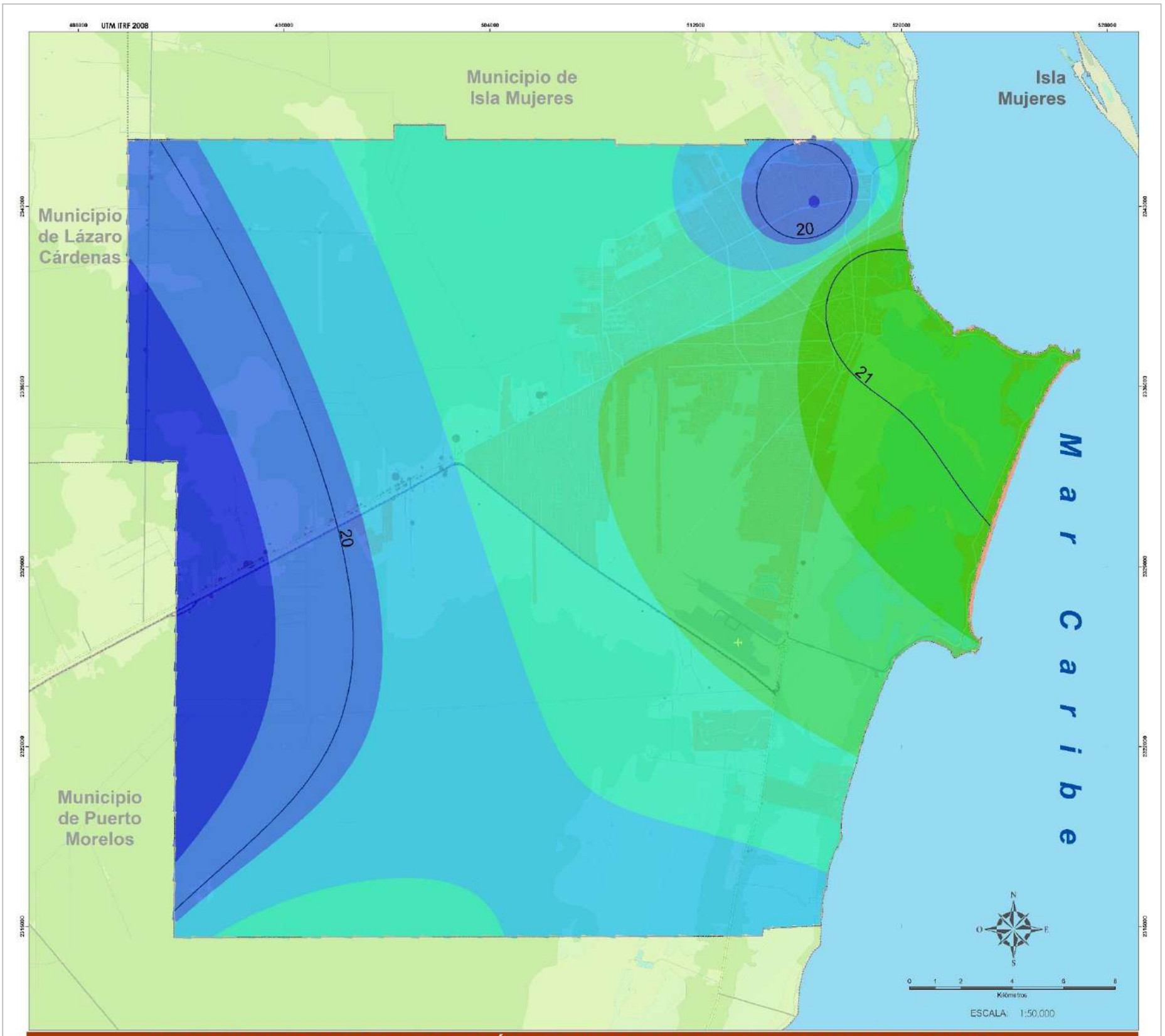
Universidad de Quintana Roo | División de Ciencias e Ingeniería

CIG

Fuente:

MARCO GEOESTADISTICO, junio 2018 del INEGI. CARTAS TOPOGRÁFICAS a escala 1:50,000 del INEGI. MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN con 5 m de resolución derivado de sensores remotos satelitales y aerotrasportados. Sistema de Información Geográfica del Extractor Rápido de Información Climatológica (SIG ERIC) ver. 1.0" (http://hidrosuperf.imta.mx/sig_eric/). CONAGUA (2017).

Agosto 2018



II.2.17. MAPA DE TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO MENSUAL DE MARZO (1961-2017)

SIMBOLOGÍA

Temperatura Mínima °C
MARZO
- 19.14 - 19.71
- 19.72 - 20.09
- 20.1 - 20.36
- 20.37 - 20.58
- 20.59 - 20.85
- 20.86 - 21.39
- Isoterma 1°

Límites
- Municipio Benito Juárez
- Otros Municipios

Localidades urbanas
- Municipio de Benito Juárez
- De otros municipios

Localidades rurales (tamaño población)
- Más de 25
- 6 - 25
- Menos de 5
- Sin dato
- Otros municipios

Hidrología
- Cuerpo de agua
- Terreno sujeto a inundación

Vías de comunicación
- Federal
- Estatal
- Cuota
- Otros
- Av. Principales
- Aeropuerto

Vegetación y suelo
- Vegetación densa
- Zona arenosa

LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ EN EL CONTEXTO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

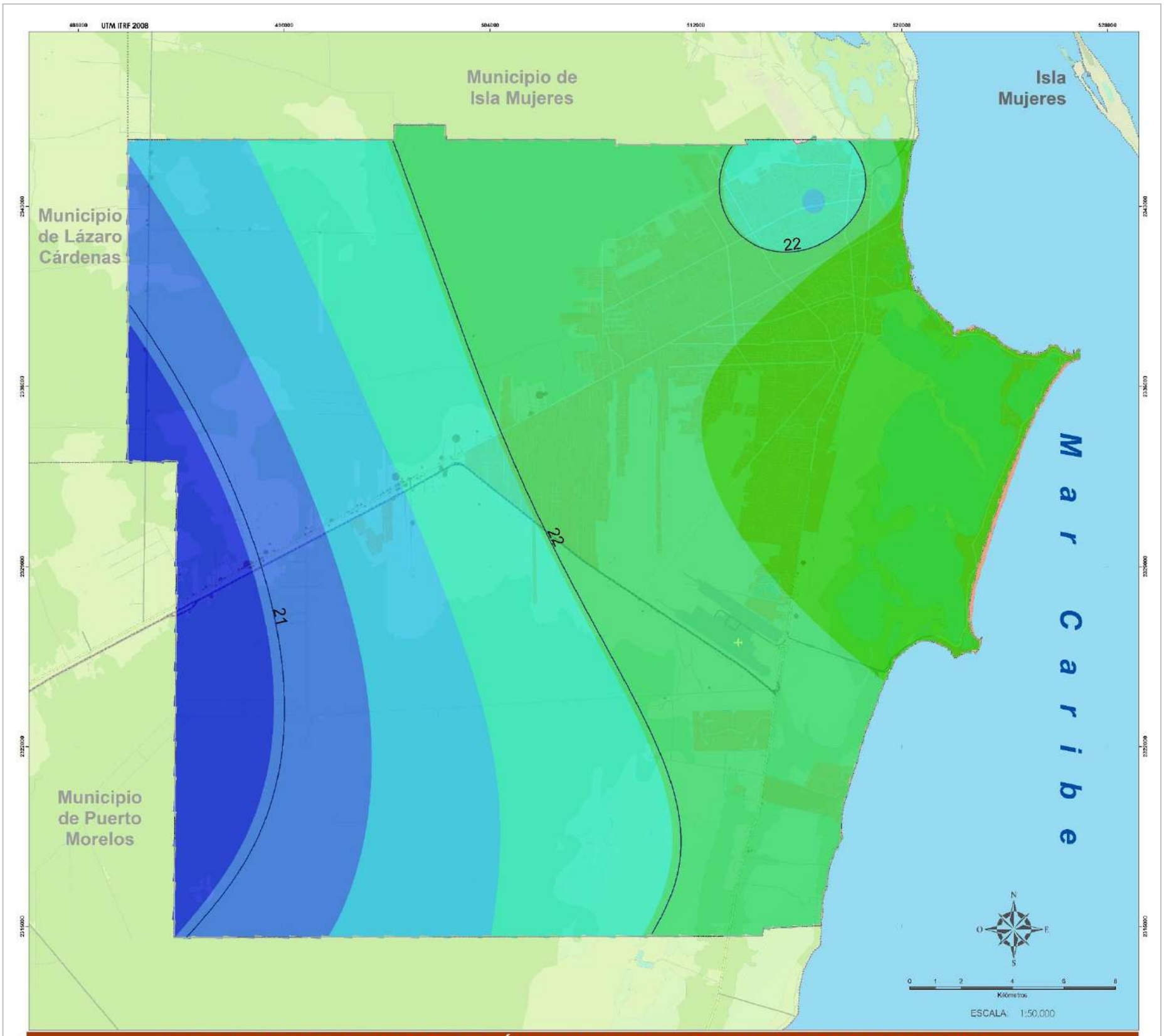


ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO 2018

Elaborado por:
Universidad de Quintana Roo | División de Ciencias e Ingeniería | CIG

Fuente:
MARCO GEOESTADISTICO, junio 2018 del INEGI. CARTAS TOPOGRÁFICAS a escala 1:50,000 del INEGI. MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN con 5 m de resolución derivado de sensores remotos satelitales y aerotrasportados. Sistema de Información Geográfica del Extractor Rápido de Información Climatológica (SIC ERIC) ver. 1.0" (http://hidrosuperf.imta.mx/sig_eric/). CONAGUA (2017).

Agosto 2018



II.2.18. MAPA DE TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO MENSUAL DE ABRIL (1961-2017)

SIMBOLOGÍA

Temperatura Mínima °C
ABRIL
- 20.36 - 20.95
- 20.96 - 21.34
- 21.35 - 21.68
- 21.69 - 21.99
- 22 - 22.31
- 22.32 - 22.85
- Isoterma 1°

Límites
- Municipio Benito Juárez
- Otros Municipios

Localidades urbanas
- Municipio de Benito Juárez
- De otros municipios

Localidades rurales (tamaño población)
- Más de 25
- 6 - 25
- Menos de 5
- Sin dato
- Otros municipios

Hidrología
- Cuerpo de agua
- Terreno sujeto a inundación

Vías de comunicación
- Federal
- Estatal
- Cuota
- Otros
- Av. Principales
- Aeropuerto

Vegetación y suelo
- Vegetación densa
- Zona arenosa

LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ EN EL CONTEXTO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

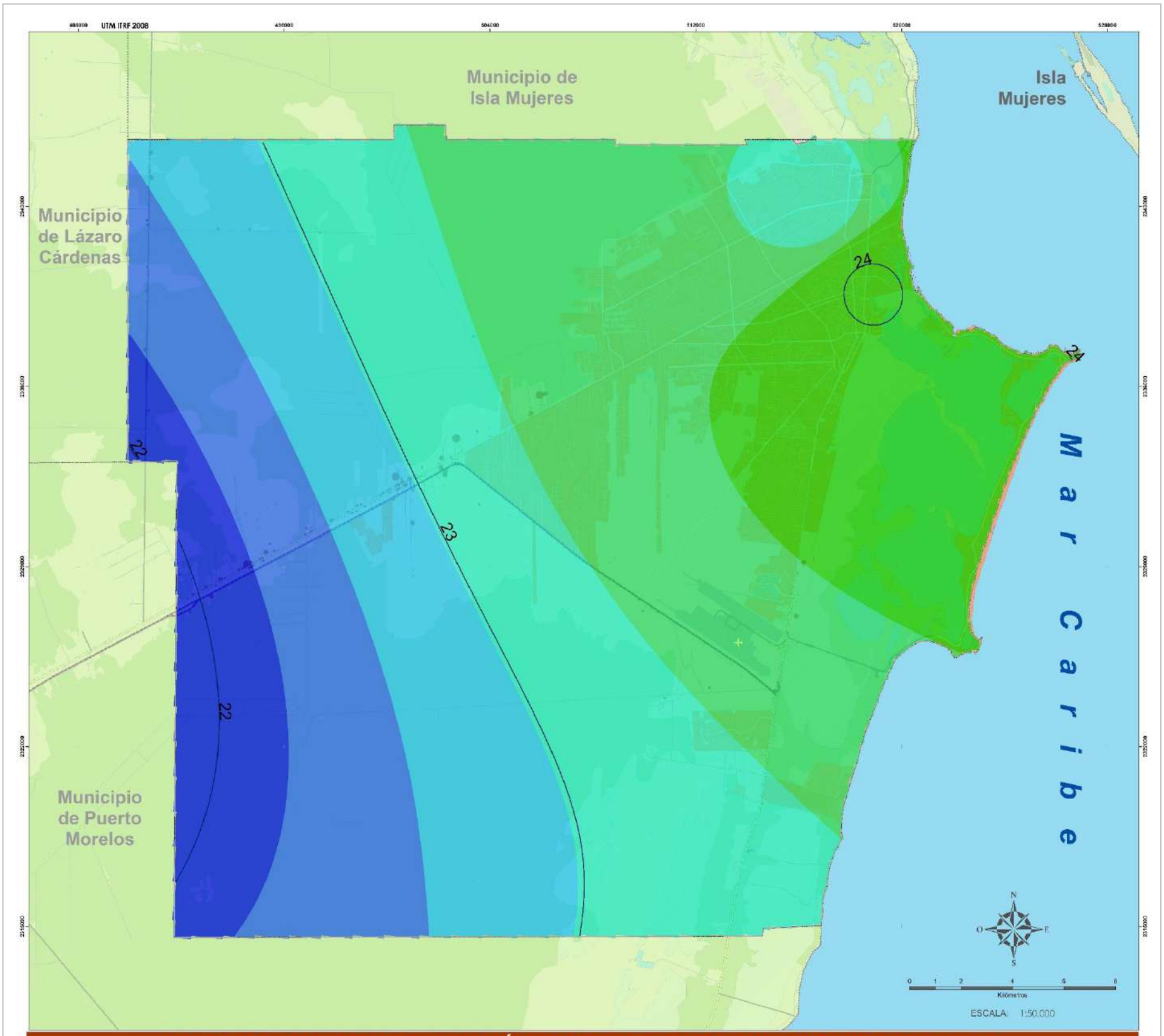


ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO 2018

Elaborado por:
Universidad de Quintana Roo | División de Ciencias e Ingeniería
CIG

Fuente:
MARCO GEOESTADISTICO, junio 2018 del INEGI. CARTAS TOPOGRÁFICAS a escala 1:50,000 del INEGI. MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN con 5 m de resolución derivado de sensores remotos satelitales y aerotrasportados. Sistema de Información Geográfica del Extractor Rápido de Información Climatológica (SIG ERIC) ver. 1.0" (http://hidrosuperf.imta.mx/sig_eric/). CONAGUA (2017).

Agosto 2018



II.2.19. MAPA DE TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO MENSUAL DE MAYO (1961-2017)

SIMBOLOGÍA

Temperatura Mínima °C
MAYO
- 21.77 - 22.29
- 22.3 - 22.65
- 22.66 - 22.99
- 23 - 23.29
- 23.3 - 23.6
- 23.61 - 24.06
- Isoterma 1°

Límites
- Municipio Benito Juárez
- Otros Municipios

Localidades urbanas
- Municipio de Benito Juárez
- De otros municipios

Localidades rurales (tamaño población)
- Más de 25
- 6 - 25
- Menos de 5
- Sin dato
- Otros municipios

Hidrología
- Cuerpo de agua
- Terreno sujeto a inundación

Vías de comunicación
- Federal
- Estatal
- Cuota
- Otros
- Av. Principales
- Aeropuerto

Vegetación y suelo
- Vegetación densa
- Zona arenosa

LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ EN EL CONTEXTO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

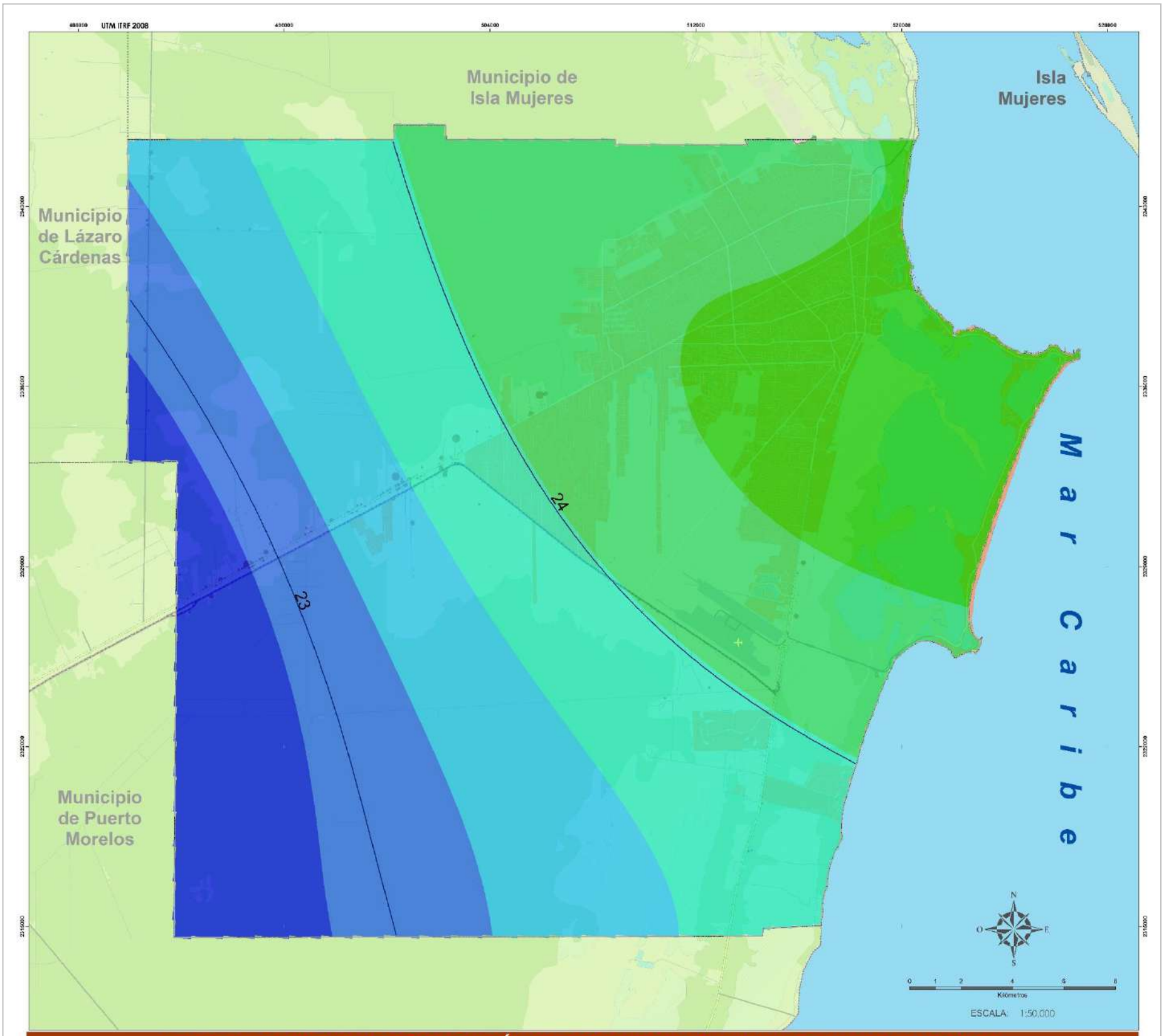


ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO 2018

Elaborado por:
Universidad de Quintana Roo | División de Ciencias e Ingeniería
CIG

Fuente:
MARCO GEOESTADISTICO, junio 2018 del INEGI. CARTAS TOPOGRÁFICAS a escala 1:50,000 del INEGI. MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN con 5 m de resolución derivado de sensores remotos satelitales y aerotrasportados. Sistema de Información Geográfica del Extractor Rápido de Información Climatológica (SIC ERIC) ver. 1.0" (http://hidrosuperf.imta.mx/sig_eric/). CONAGUA (2017).

Agosto 2018



II.2.20. MAPA DE TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO MENSUAL DE JUNIO (1961-2017)

SIMBOLOGÍA

Temperatura Mínima °C
JUNIO
- 22.29 - 22.86
- 22.87 - 23.26
- 23.27 - 23.64
- 23.65 - 24.01
- 24.02 - 24.37
- 24.38 - 24.8
- Isoterma 1°

Límites
- Municipio Benito Juárez
- Otros Municipios

Localidades urbanas
- Municipio de Benito Juárez
- De otros municipios

Localidades rurales (tamaño población)
- Más de 25
- 6 - 25
- Menos de 5
- Sin dato
- Otros municipios

Hidrología
- Cuerpo de agua
- Terreno sujeto a inundación

Vías de comunicación
- Federal
- Estatal
- Cuota
- Otros
- Av. Principales
- Aeropuerto

Vegetación y suelo
- Vegetación densa
- Zona arenosa

LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ EN EL CONTEXTO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

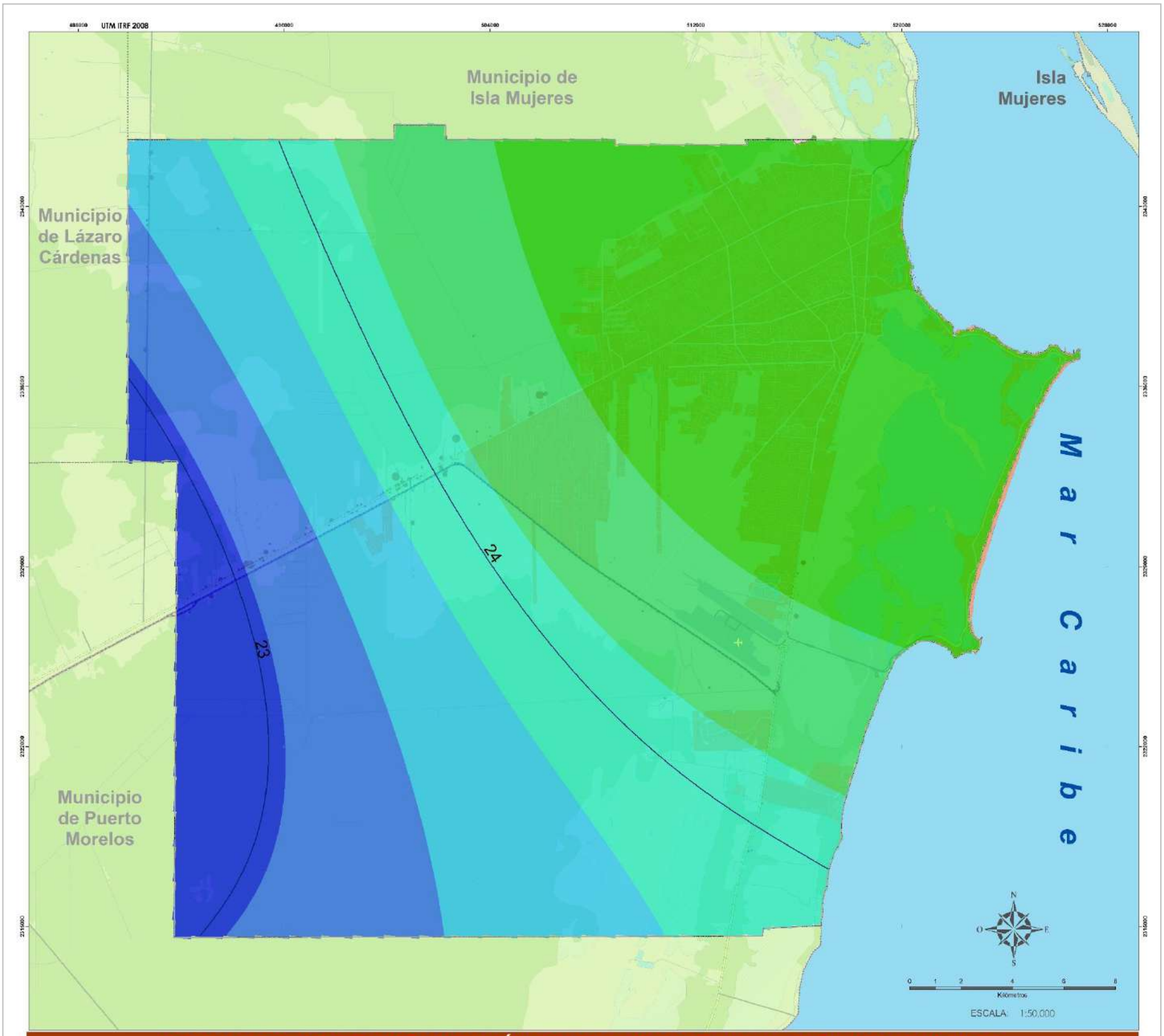


ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO 2018

Elaborado por:
Universidad de Quintana Roo | División de Ciencias e Ingeniería
CIG

Fuente:
MARCO GEOESTADISTICO, junio 2018 del INEGI. CARTAS TOPOGRÁFICAS a escala 1:50,000 del INEGI. MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN con 5 m de resolución derivado de sensores remotos satelitales y aerotrasportados. Sistema de Información Geográfica del Extractor Rápido de Información Climatológica (SIG ERIC) ver. 1.0" (http://hidrosuperf.imta.mx/sig_eric/). CONAGUA (2017).

Agosto 2018



II.2.21. MAPA DE TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO MENSUAL DE JULIO (1961-2017)

SIMBOLOGÍA

Temperatura Mínima °C
JULIO
- 22.52 - 23.07
- 23.08 - 23.45
- 23.46 - 23.8
- 23.81 - 24.14
- 24.15 - 24.49
- 24.5 - 24.97
- Isoterma 1°

Límites
- Municipio Benito Juárez
- Otros Municipios

Localidades urbanas
- Municipio de Benito Juárez
- De otros municipios

Localidades rurales (tamaño población)
- Más de 25
- 6 - 25
- Menos de 5
- Sin dato
- Otros municipios

Hidrología
- Cuerpo de agua
- Terreno sujeto a inundación

Vías de comunicación
- Federal
- Estatal
- Cuota
- Otros
- Av. Principales
- Aeropuerto

Vegetación y suelo
- Vegetación densa
- Zona arenosa

LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ EN EL CONTEXTO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

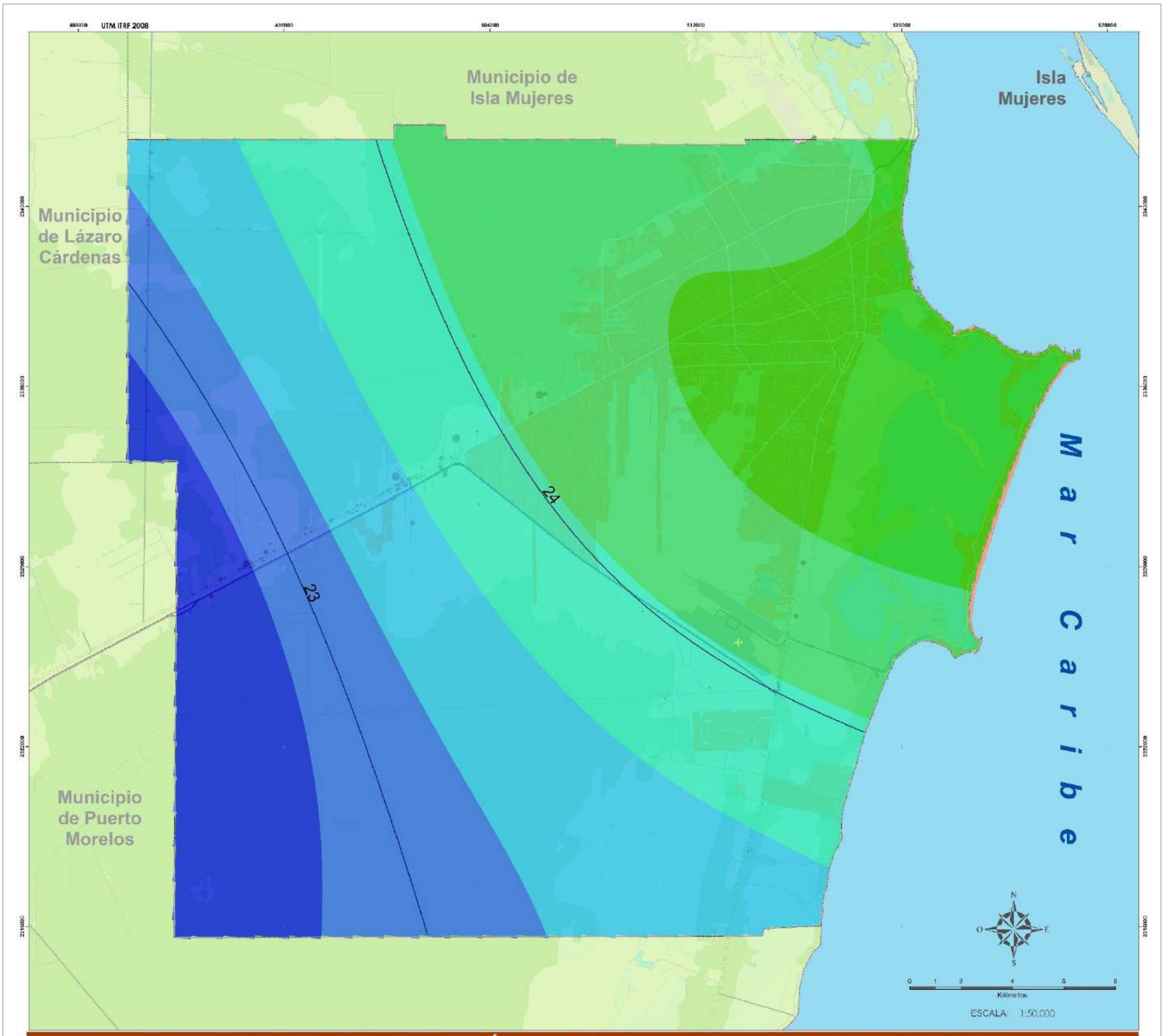


ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO 2018

Elaborado por:
Universidad de Quintana Roo | División de Ciencias e Ingeniería
CIG

Fuente:
MARCO GEOESTADISTICO, junio 2018 del INEGI. CARTAS TOPOGRÁFICAS a escala 1:50,000 del INEGI. MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN con 5 m de resolución derivado de sensores remotos satelitales y aerotrasportados. Sistema de Información Geográfica del Extractor Rápido de Información Climatológica (SIG ERIC) ver. 1.0" (http://hidrosuperf.imta.mx/sig_eric/). CONAGUA (2017).

Agosto 2018



II.2.22. MAPA DE TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO MENSUAL DE AGOSTO (1961-2017)

SIMBOLOGÍA

Temperatura Mínima °C
AGOSTO
- 22.21 - 22.81
- 22.82 - 23.23
- 23.24 - 23.63
- 23.64 - 24.04
- 24.05 - 24.41
- 24.42 - 24.81
- Isoterma 1°

Límites
- Municipio Benito Juárez
- Otros Municipios

Localidades urbanas
- Municipio de Benito Juárez
- De otros municipios

Localidades rurales (tamaño población)
- Más de 25
- 6 - 25
- Menos de 5
- Sin dato
- Otros municipios

Hidrología
- Cuerpo de agua
- Terreno sujeto a inundación

Vías de comunicación
- Federal
- Estatal
- Cuota
- Otros
- Av. Principales
- Aeropuerto

Vegetación y suelo
- Vegetación densa
- Zona arenosa

LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ EN EL CONTEXTO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

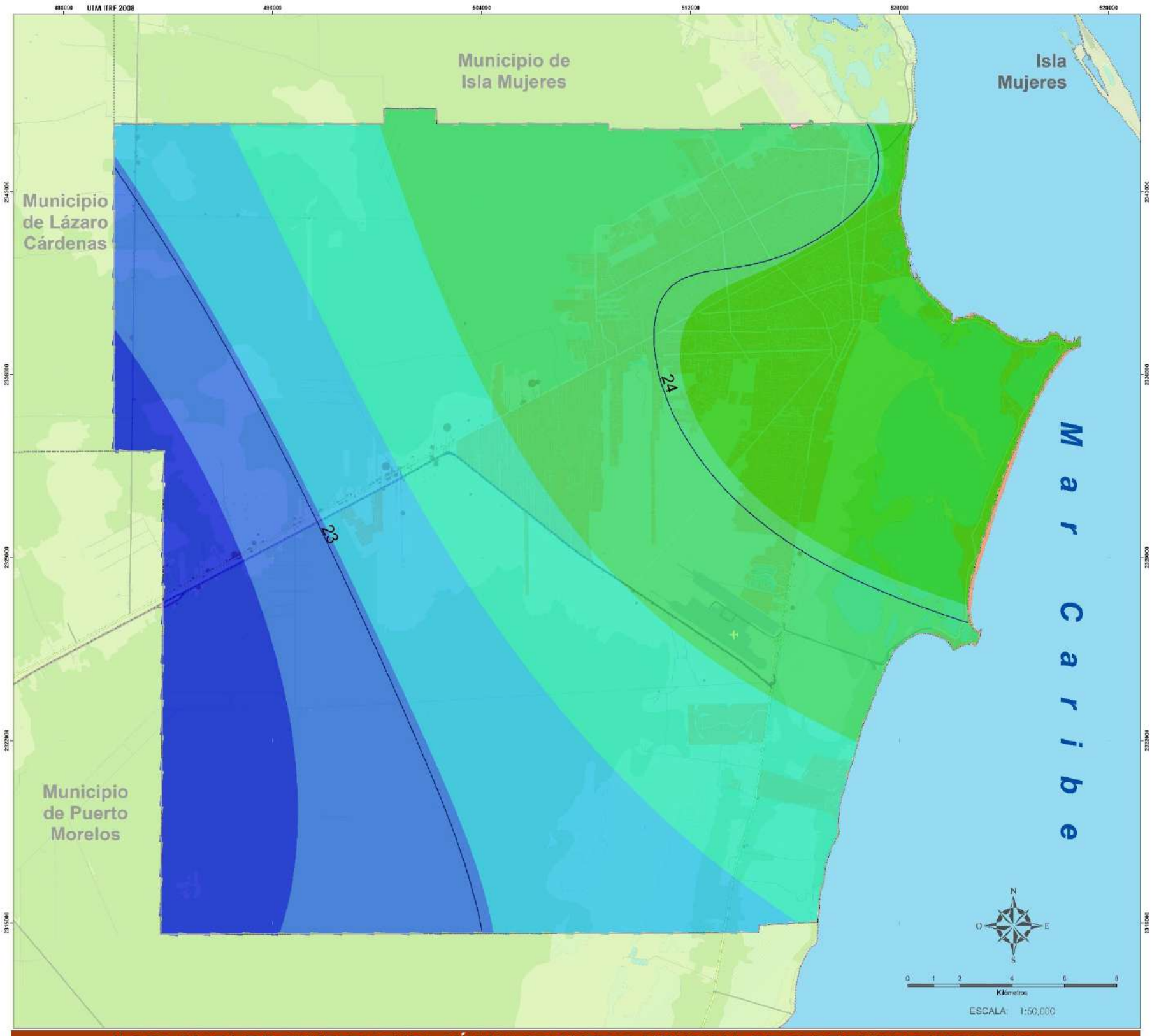


ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO 2018

Elaborado por:
Universidad de Quintana Roo | División de Ciencias e Ingeniería
CIG

Fuente:
MARCO GEOESTADISTICO, junio 2018 del INEGI. CARTAS TOPOGRÁFICAS a escala 1:50,000 del INEGI. MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN con 5 m de resolución derivado de sensores remotos satelitales y aerotrasportados. Sistema de Información Geográfica del Extractor Rápido de Información Climatológica (SIG ERIC) ver. 1.0" (http://hidrosuperf.imta.mx/sig_eric/). CONAGUA (2017).

Agosto 2018



II.2.23. MAPA DE TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO MENSUAL DE SEPTIEMBRE (1961-2017)

SIMBOLOGÍA

Temperatura Mínima °C
SEPTIEMBRE
- 22.1 - 22.65
- 22.66 - 23.02
- 23.03 - 23.36
- 23.37 - 23.7
- 23.71 - 24.03
- 24.04 - 24.43
- Isoterma 1°

Límites
- Municipio Benito Juárez
- Otros Municipios

Localidades urbanas
- Municipio de Benito Juárez
- De otros municipios

Localidades rurales (tamaño población)
- Más de 25
- 6 - 25
- Menos de 5
- Sin dato
- Otros municipios

Hidrología
- Cuerpo de agua
- Terreno sujeto a inundación

Vías de comunicación
- Federal
- Estatal
- Cuota
- Otros
- Av. Principales
- Aeropuerto

Vegetación y suelo
- Vegetación densa
- Zona arenosa

LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ EN EL CONTEXTO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

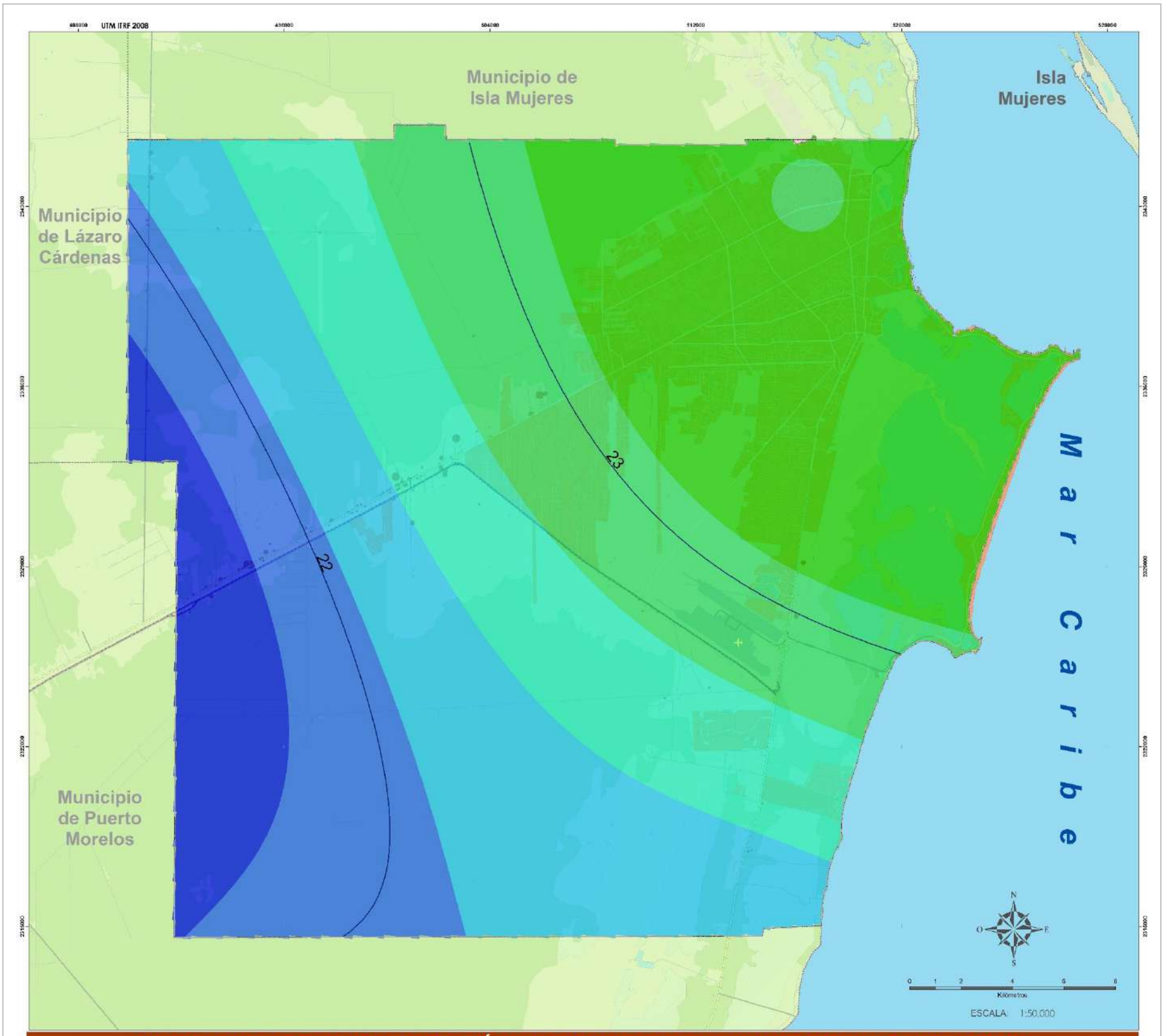


ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO 2018

Elaborado por:
Universidad de Quintana Roo | División de Ciencias e Ingeniería
CIG

Fuente:
MARCO GEODESTADISTICO, junio 2018 del INEGI. CARTAS TOPOGRÁFICAS a escala 1:50,000 del INEGI. MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN con 5 m de resolución derivado de sensores remotos satelitales y aerotrasportados. Sistema de Información Geográfica del Extractor Rápido de Información Climatológica (SIG ERIC) ver. 1.0° (http://hidrosuperf.imta.mx/sig_eric/). CONAGUA (2017).

Agosto 2018



II.2.24. MAPA DE TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO MENSUAL DE OCTUBRE (1961-2017)

SIMBOLOGÍA

Temperatura Mínima °C
OCTUBRE
- 21.16 - 21.72
- 21.73 - 22.08
- 22.09 - 22.41
- 22.42 - 22.76
- 22.77 - 23.09
- 23.1 - 23.56
- Isoterma 1°

Límites
- Municipio Benito Juárez
- Otros Municipios

Localidades urbanas
- Municipio de Benito Juárez
- De otros municipios

Localidades rurales (tamaño población)
- Más de 25
- 6 - 25
- Menos de 5
- Sin dato
- Otros municipios

Hidrología
- Cuerpo de agua
- Terreno sujeto a inundación

Vías de comunicación
- Federal
- Estatal
- Cuota
- Otros
- Av. Principales
- Aeropuerto

Vegetación y suelo
- Vegetación densa
- Zona arenosa

LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ EN EL CONTEXTO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

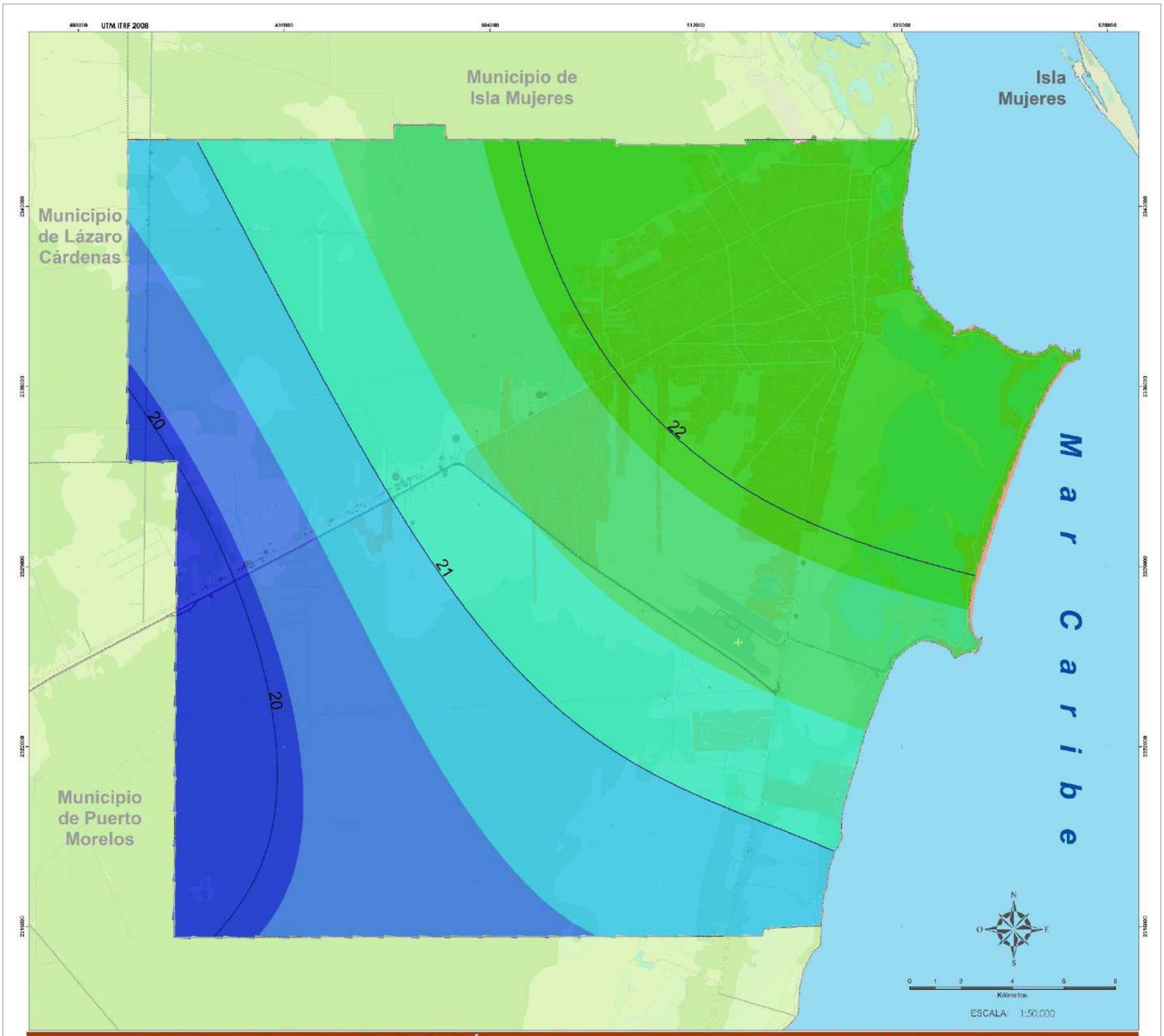


ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO 2018

Elaborado por:
Universidad de Quintana Roo | División de Ciencias e Ingeniería
CIG

Fuente:
MARCO GEOESTADISTICO, junio 2018 del INEGI. CARTAS TOPOGRÁFICAS a escala 1:50,000 del INEGI. MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN con 5 m de resolución derivado de sensores remotos satelitales y aerotrasportados. Sistema de Información Geográfica del Extractor Rápido de Información Climatológica (SIG ERIC) ver. 1.0" (http://hidrosuperf.imta.mx/sig_eric/). CONAGUA (2017).

Agosto 2018



II.2.25. MAPA DE TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO MENSUAL DE NOVIEMBRE (1961-2017)

SIMBOLOGÍA

Temperatura Minima °C
NOVIEMBRE
- 18.42 - 20.1
- 20.11 - 20.56
- 20.57 - 21
- 21.01 - 21.46
- 21.47 - 21.92
- 21.93 - 22.47
- Isoterma 1°

Límites
- Municipio Benito Juárez
- Otros Municipios

Localidades urbanas
- Municipio de Benito Juárez
- De otros municipios

Localidades rurales (tamaño población)
- Más de 25
- 6 - 25
- Menos de 5
- Sin dato
- Otros municipios

Hidrologia
- Cuerpo de agua
- Terreno sujeto a inundación

Vías de comunicación
- Federal
- Estatal
- Cuota
- Otros
- Av. Principales
- Aeropuerto

Vegetación y suelo
- Vegetación densa
- Zona arenosa

LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ EN EL CONTEXTO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

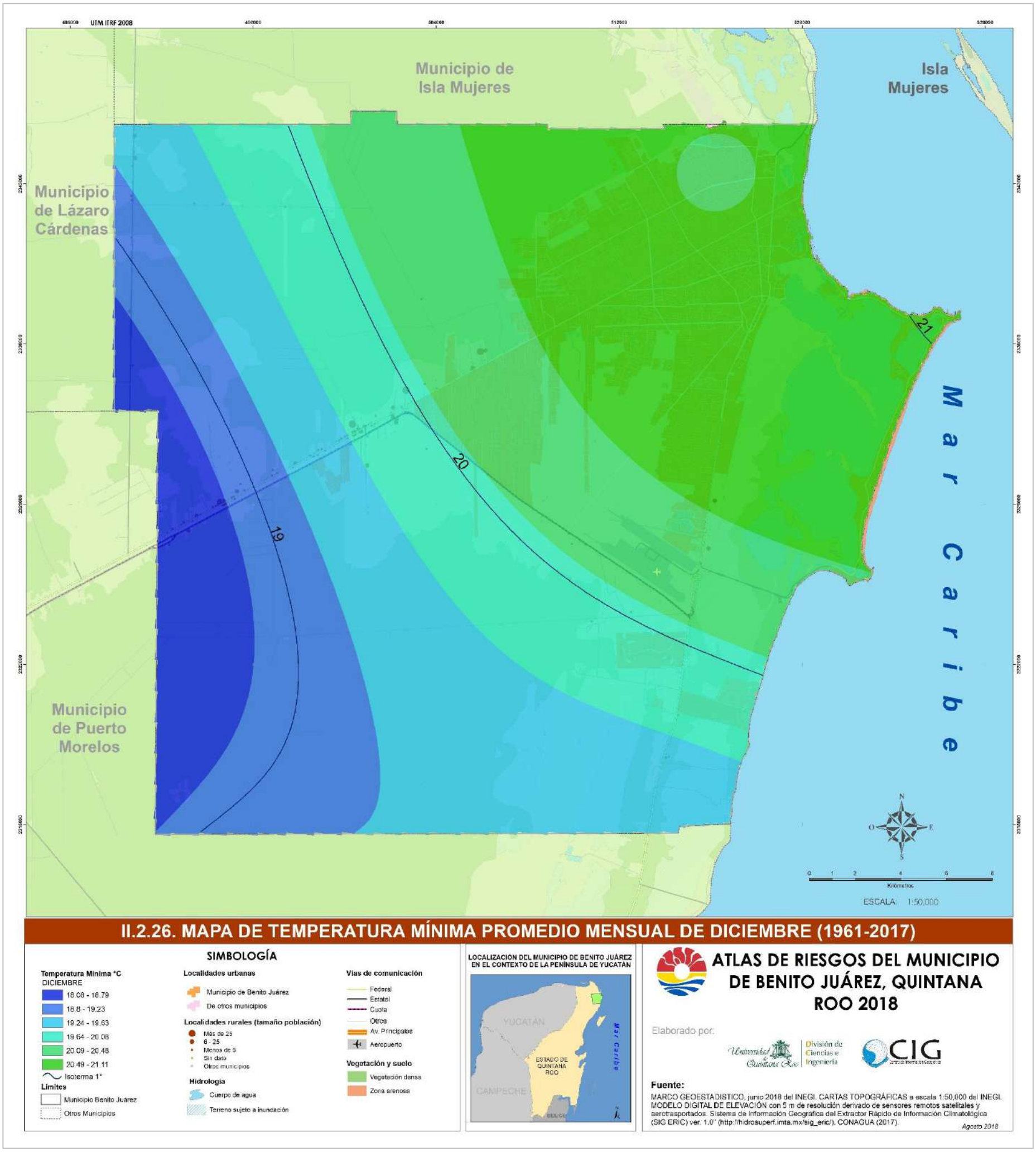


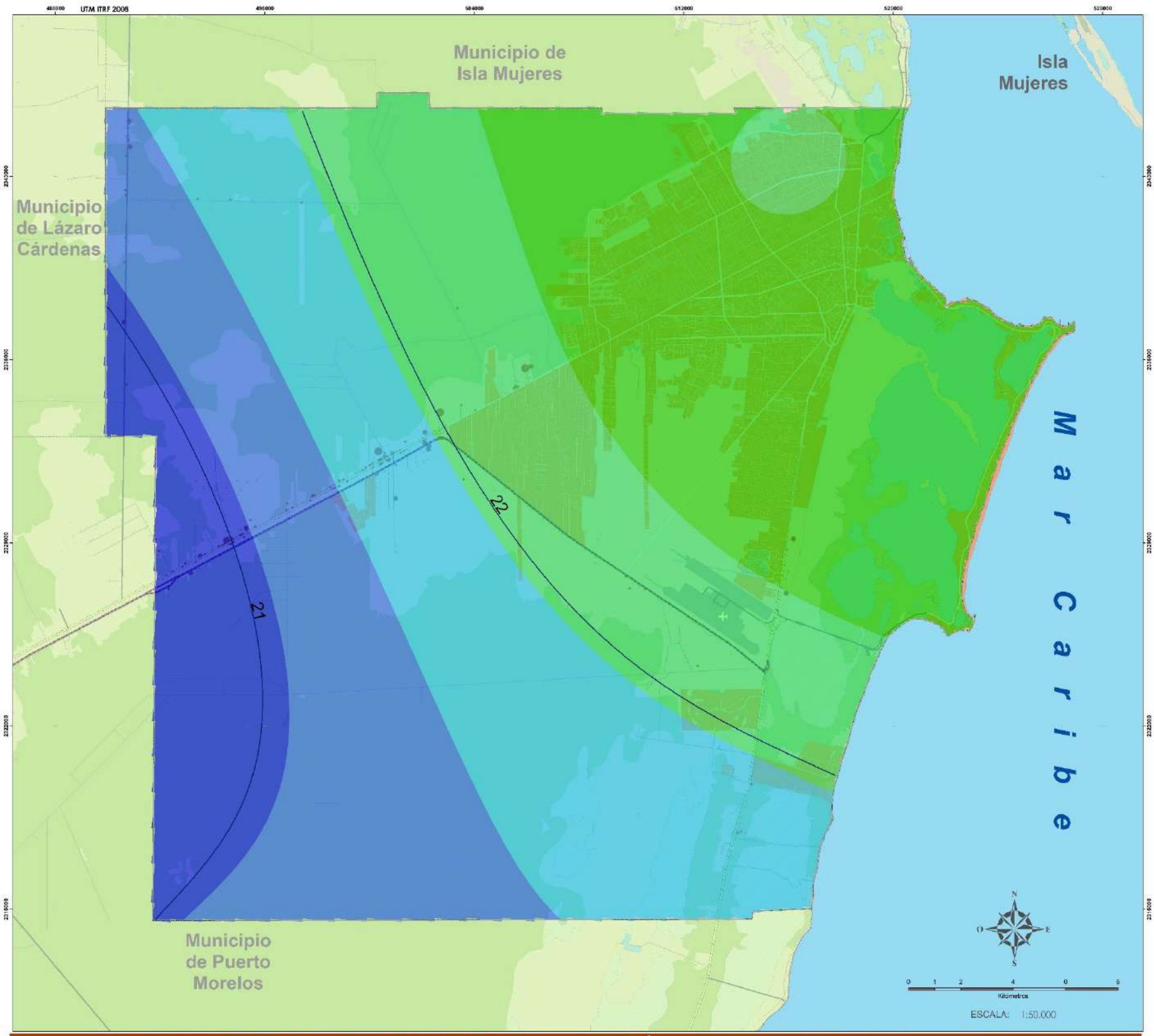
ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO 2018

Elaborado por:
Universidad de Quintana Roo | División de Ciencias e Ingeniería
CIG

Fuente:
MARCO GEOESTADISTICO, junio 2018 del INEGI. CARTAS TOPOGRÁFICAS a escala 1:50,000 del INEGI. MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN con 5 m de resolución derivado de sensores remotos satelitales y aerotrasportados. Sistema de Información Geográfica del Extractor Rápido de Información Climatológica (SIG ERIC) ver. 1.0" (http://hidrosuperf.imta.mx/sig_eric/). CONAGUA (2017).

Agosto 2018


UTM ITRF 2008
Municipio de Isla Mujeres
Isla Mujeres
Municipio de Lázaro Cárdenas
Municipio de Puerto Morelos
Mar Caribe
19
20
21
N
O
E
S
0 1 2 4 6 8
Kilómetros
ESCALA: 1:50,000
II.2.26. MAPA DE TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO MENSUAL DE DICIEMBRE (1961-2017)
SIMBOLOGÍA
Temperatura Mínima °C
DICIEMBRE
18.08 - 18.79
18.8 - 19.23
19.24 - 19.63
19.64 - 20.08
20.09 - 20.48
20.49 - 21.11
Isoterma 1°
Límites
Municipio Benito Juarez
Otros Municipios
Localidades urbanas
Municipio de Benito Juárez
De otros municipios
Localidades rurales (tamaño población)
Más de 25
6 - 25
Menos de 5
Sin dato
Otros municipios
Hidrologia
Cuerpo de agua
Terreno sujeto a inundación
Vías de comunicación
Federal
Estatal
Cuota
Otros
Av. Principales
Aeropuerto
Vegetación y suelo
Vegetación densa
Zona arenosa
LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ EN EL CONTEXTO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN
YUCATÁN
ESTADO DE QUINTANA ROO
CAMPECHE
BELICE
Mar Caribe
ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO 2018
Elaborado por:
Universidad de Quintana Roo
División de Ciencias e Ingeniería
CIG
Fuente:
MARCO GEOESTADISTICO, junio 2018 del INEGI. CARTAS TOPOGRÁFICAS a escala 1:50,000 del INEGI. MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN con 5 m de resolución derivado de sensores remotos satelitales y aerotrasportados. Sistema de Información Geográfica del Extractor Rápido de Información Climatológica (SIG ERIC) ver. 1.0" (http://hidrosuperf.imta.mx/sig_eric/). CONAGUA (2017).
Agosto 2018



II.2.27. MAPA DE PELIGRO POR TEMPERATURAS MÍNIMA PROMEDIO ANUAL (1961-2017)

SIMBOLOGÍA

Temperatura Mínima Anual (°C)
PELIGRO
- Muy alto (20.42 - 21.11)
- Alto (21.12 - 21.55)
- Medio (21.56 - 21.96)
- Bajo (21.97 - 22.36)
- Muy bajo (22.37 - 22.96)
- Isoterma (1°)

Límites
- Municipio Benito Juárez
- Otros Municipios

Localidades urbanas
- Municipio de Benito Juárez
- De otros municipios

Localidades rurales (tamaño población)
- Más de 25
- 6 - 25
- Menos de 5
- Sin dato
- Otros municipios

Hidrología
- Cuerpo de agua
- Terreno sujeto a inundación

Vías de comunicación
- Federal
- Estatal
- Cuota
- Otros
- Av. Principales
- Aeropuerto

Vegetación y suelo
- Vegetación densa
- Zona arenosa

LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ EN EL CONTEXTO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN



ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO 2018

Elaborado por:
Universidad de Quintana Roo | División de Ciencias e Ingeniería
CIG

Fuente:
MARCO GEOESTADISTICO, junio 2018 del INEGI. CARTAS TOPOGRÁFICAS a escala 1:50,000 del INEGI. MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN con 5 m de resolución derivado de sensores remotos satelitales y aerotrasportados. Sistema de Información Geográfica del Extractor Rápido de Información Climatológica (SIG ERIC) ver. 1.0" (http://hidrosuperf.imta.mx/sig_eric/). CONAGUA (2017).

Agosto 2018

Sequías

El Servicio Meteorológico Nacional (SMN) es la dependencia oficial del gobierno mexicano encargada de proporcionar información meteorológica (estado del tiempo) y climatológica. Para ello utiliza las redes de observación tales como estaciones automáticas, observatorios sinópticos, radares, estaciones de radio sondeo y estaciones receptoras de imágenes de satélite. Uno de los fenómenos climáticos que más afecta a las actividades económicas del país es la sequía, el SMN se encarga de detectar el estado actual y la evolución de este fenómeno. 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).

Aun cuando el MSM inició en México en 2002 dentro de las actividades del NADM, fue hasta el año de 2014 que adquirió su carácter nacional, lo que le permitió emitir mapas de sequía en escala de tiempo diferente a la mensual, siempre basada en la metodología utilizada por el USDM y el NADM. A partir de febrero de 2014 la emisión del MSM es quincenal.

La sequía se define como déficit de lluvias durante un período de tiempo prolongado –una temporada, un año o varios años– en relación con la media estadística multianual de la región en cuestión. La falta de lluvia da lugar a un suministro insuficiente de agua para las plantas, los animales y los seres humanos. Es en sí, una anomalía climatológica transitoria en la que la disponibilidad de agua se sitúa por debajo de lo habitual de un área geográfica.

Índice Estandarizado de Precipitación (SPI)

De los índices que actualmente se utilizan para vigilar la sequía, el Índice Estandarizado de Precipitación, (SPI, por sus siglas en inglés), es uno de los más utilizados en más de 70 países. Este índice creado por McKee en 1993 destaca por la sencillez, facilidad de cálculo y su significado desde el punto de vista estadístico, además de la relación de los déficits de precipitación con los diferentes impactos que se pueden observar en las aguas subterráneas, el almacenamiento de agua en reservorios, en la humedad del suelo, los bancos de nieve y los caudales fluviales que lo hacen altamente aceptado en los estudios de la sequía.

Metodología

Para el municipio de Benito Juárez, se utilizó SPI para la identificación del peligro por sequía que cuantifica las condiciones de déficit o exceso de precipitación (30, 90, 180, 365 días), es decir, por mes, trimestral, semestral y anual.

La sencillez del SPI radica en que utiliza únicamente la precipitación para su cálculo y es efectivo para analizar los períodos y ciclos húmedos y secos. Los registros de precipitación se ajustan a una distribución de probabilidades y a continuación se transforman en una distribución normal. Los valores positivos/negativos del SPI indican que la precipitación es mayor/menor que la mediana. Idealmente se requiere de un mínimo de entre 20 y 30 años de valores mensuales de precipitación para su cálculo, pero lo óptimo y preferible es utilizar 50 y 60 años o más de acuerdo con la Guía del usuario sobre este índice de la Organización Meteorológica Mundial (OMM).

El SPI se calculó para distintas escalas temporales (1, 3, y 6 meses) lo cual permitió evaluar la severidad de la sequía en el corto, mediano y largo plazo (gráfica 170, 171, y 172). No obstante, uno de los inconvenientes es que únicamente puede cuantificar el déficit de precipitación.

La escala de valores del SPI utilizada para el análisis de datos, de acuerdo con la guía del usuario sobre el Índice Normalizado de Precipitación (OMM, 2012), es la siguiente:

2.0 y más	extremadamente húmedo
1.5 a 1.99	muy húmedo
1.0 a 1.49	moderadamente húmedo
-0.99 a 0.99	normal o aproximadamente normal
-1.0 a -1.49	moderadamente seco
-1.5 a -1.99	severamente seco
-2 y menos	extremadamente seco

Debido a que el SPI está normalizado, los climas húmedos y secos se pueden representar del mismo modo; por consiguiente, también se puede hacer un seguimiento de los períodos húmedos utilizando el SPI. No obstante, hay que subrayar que el SPI no es adecuado para los análisis del cambio climático ya que la temperatura no es un parámetro de cálculo. Asimismo, en la misma guía se muestra la probabilidad de recurrencia del índice y su categoría (Tabla 98).

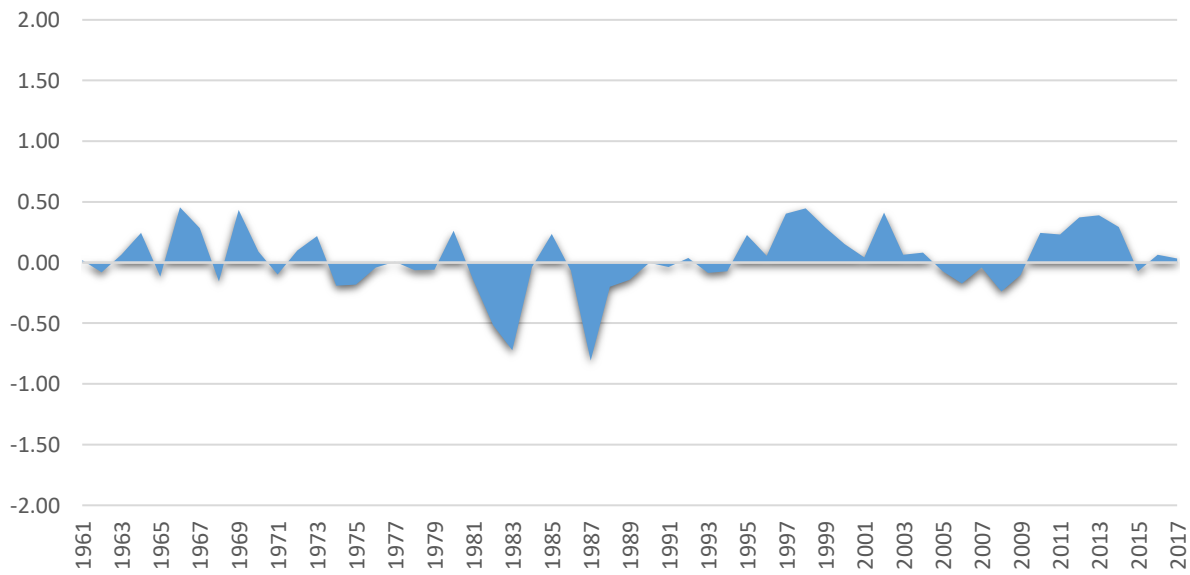
Tabla 98. Probabilidad de ocurrencia del SPI.

SPI	Categoría	Número de veces en 100 años	Severidad del episodio
0 a -0.99	Sequía leve	33	1 en 3 años
-1.00 a -1.49	Sequía moderada	10	1 en 10 años
-1.5 a -1.99	Sequía severa	5	1 en 20 años
< -2.0	Sequía extrema	2.5	1 en 50 años

Fuente: Organización Meteorológica Mundial (http://www.droughtmanagement.info/literature/WMO_standardized_precipitation_index_user_guide_es_2012.pdf).

En la gráfica 179, podemos observar el SPI mensual para el municipio de Benito Juárez, el cual abarca un periodo de 1961 a 2017, es decir 56 años, por lo que se hace factible su cálculo para identificar los periodos de sequía. Se observa, como máximo rango alcanzado periodos de sequía leves entre 1980 a 1990, que de acuerdo con la probabilidad de ocurrencia puede repetirse entre 1 a 3 años, lo cual sucedió en 1994, 2005, 2006, 2007, 2008 y 2009. Para los años restantes no se advierte etapas de sequía.

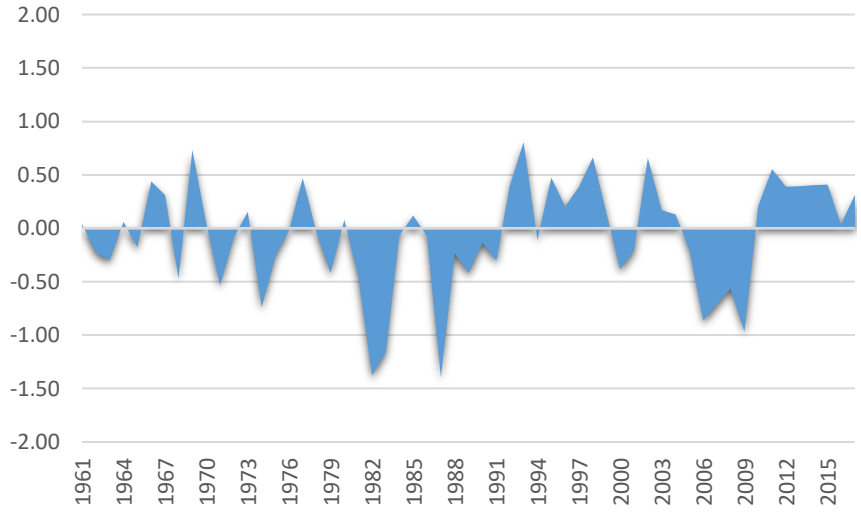
Gráfica 179. SPI Mensual (1961 a 2017).



Fuente: "Sistema de Información Geográfica del Extractor Rápido de Información Climatológica (SIG ERIC) ver. 1.0" (http://hidrosuperf.imta.mx/sig_eric/). CONAGUA (2017).

Ahora bien, si observamos el SPI a tres meses para evaluar la severidad de la sequía en el mediano plazo, en la gráfica 180, se observa periodos cercanos a una sequía severa entre 1982 y 1988, ya que se encuentran cerca de alcanzar un índice de -1.5, repitiéndose entre 2005 y 2010 pero como sequía moderada. Si se observa a mediano plazo (3 meses) podemos observar varios años con sequía leve a moderada cercana a severa.

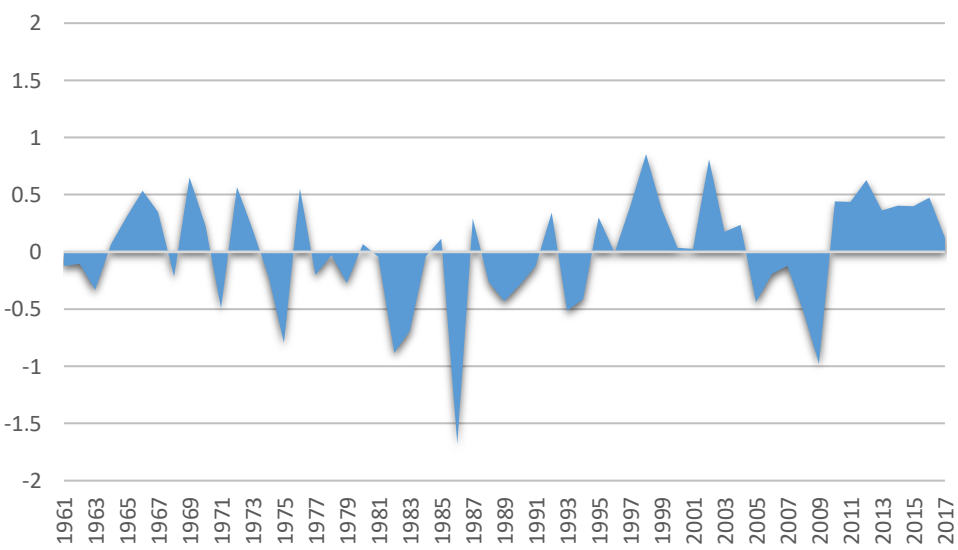
Gráfica 180. SPI 3 Meses (1961 a 2017).



Fuente: "Sistema de Información Geográfica del Extractor Rápido de Información Climatológica (SIG ERIC) ver. 1.0" (http://hidrosuperf.imta.mx/sig_eric/). CONAGUA (2017).

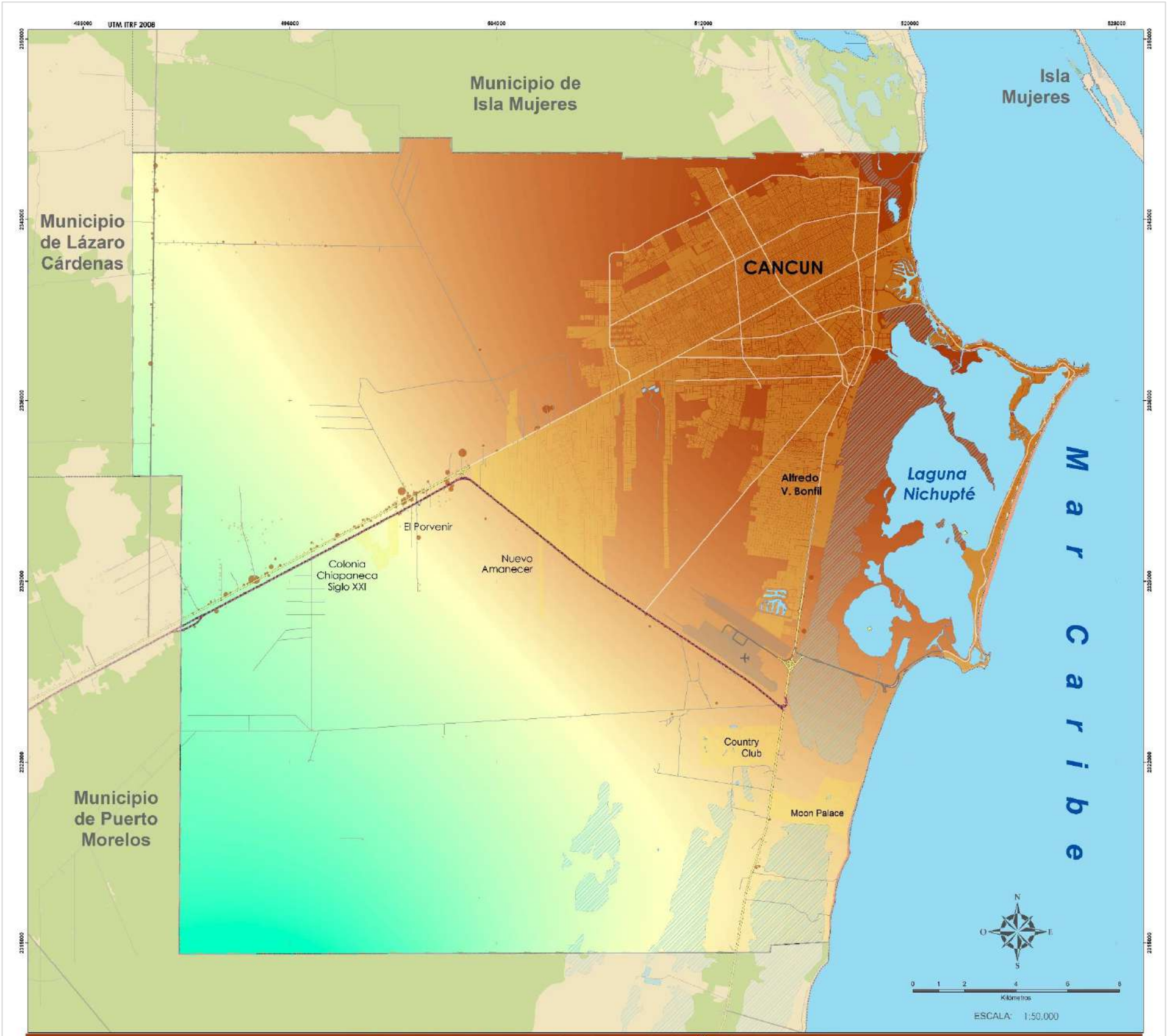
En la **gráfica 181** se muestra el SPI a largo plazo (6 meses), donde se aprecia un periodo de sequía de casi 20 años (1976 a 1994), recuperándose entre 1995 a 2004, cayendo de nuevo de 2005 a 2010. Los ciclones tropicales pueden traer como una de sus consecuencias posteriores a su paso periodos de sequía. Ya que esos sistemas evitan que el aire húmedo viaje hacia arriba en la atmósfera, donde puede condensarse y eventualmente caer a la tierra en forma de lluvia o nieve. Al ganar tamaño y fuerza, los sistemas pueden ser incluso más efectivos para bloquear las precipitaciones. Motivo por el cual se pudo presentar en el municipio periodos de sequía entre 2006 y 2009 (gráfica 181).

Gráfica 181. SPI 6 Meses (1961 a 2017).



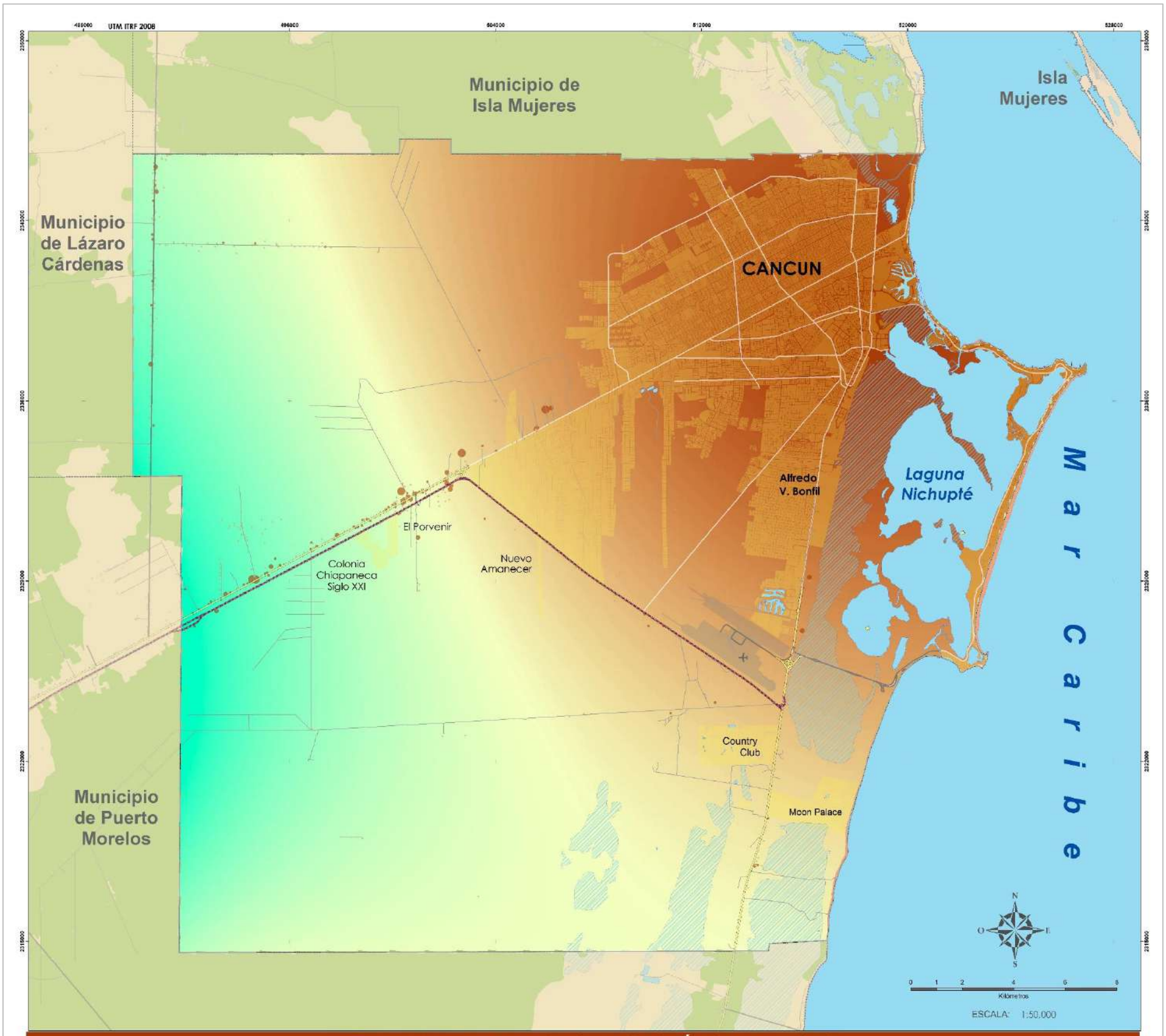
Fuente: "Sistema de Información Geográfica del Extractor Rápido de Información Climatológica (SIG ERIC) ver. 1.0" (http://hidrosuperf.imta.mx/sig_eric/). CONAGUA (2017).

De la misma manera, y con los datos de las estaciones climáticas ya mencionadas anteriormente, se cartografió el SPI para un mes, tres meses y 6 meses. Con lo anterior podemos observar espacialmente donde existen área más o menos secas. Para esto se interpolaron los datos de los 56 años sacando un promedio a corto, mediano y largo plazo, utilizando herramientas de geoproceso. En el primer mapa (mapa II.2.28) se observa que donde se localiza la zona urbana del municipio es donde la precipitación se dio de una manera más eventual. Sin embargo, al encontrarse entre -0.99 a 0.99 la clase alcanzada es de normal o aproximadamente normal. Lo que nos indica que no se sufrió una sequía extrema durante el periodo estudiado.



II.2.28. MAPA DE PELIGRO DE SEQUÍA SPI 1 MES

En el mapa II.2.29, una observación de mediano plazo, el SPI, sigue concentrándose en menor medida en lo que corresponde a la zona urbana del municipio de Benito Juárez, dejando áreas al oeste más húmedas.



II.2.29. MAPA DE PELIGRO DE SEQUÍA SPI 3 MESES

SIMBOLOGÍA

Índice Estandarizado de Precipitación (SPI) SPI: 3 Meses (1961 - 2017)

Alto: 0.029
0.016
Bajo: 0.003

Límites
Otros Municipios

Vegetación y suelo
Vegetación densa

Localidades urbanas
Municipio de Benito Juárez
De otros municipios

Localidades rurales (tamaño población)
Más de 25
6 - 25
Menos de 5
Sin dato
Otros municipios

Vías de comunicación
Federal
Estatal
Cuota
Otros
Av. Principales
Aeropuerto

Hidrología
Cuerpo de agua
Terreno sujeto a inundación

LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ EN EL CONTEXTO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN



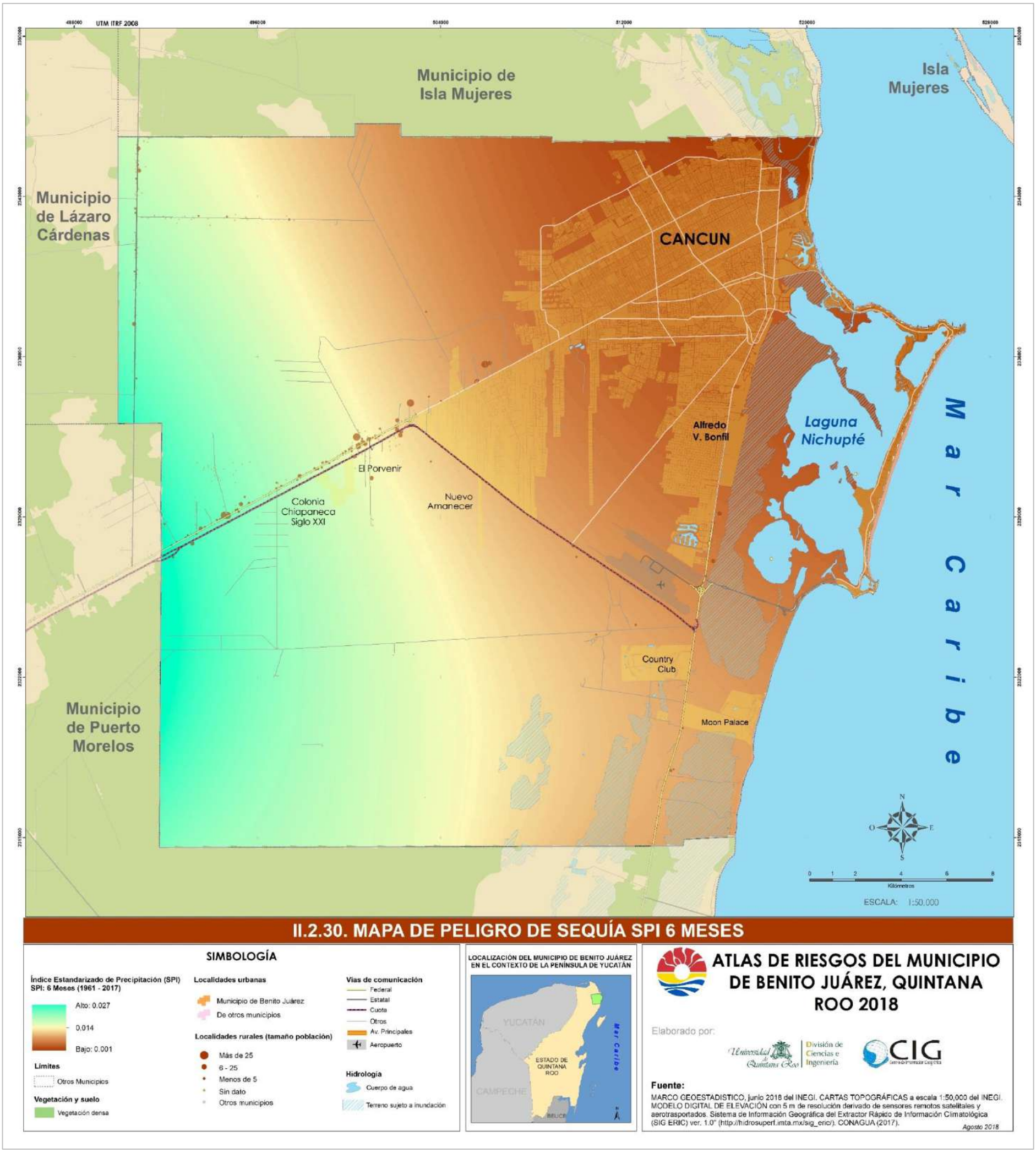
ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO 2018

Elaborado por:
Universidad de Quintana Roo | División de Ciencias e Ingeniería
CIG

Fuente:
MARCO GEOESTADISTICO, junio 2018 del INEGI. CARTAS TOPOGRÁFICAS a escala 1:50,000 del INEGI. MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN con 5 m de resolución derivado de sensores remotos satelitales y aerotrasportados. Sistema de Información Geográfica del Extractor Rápido de Información Climatológica (SIG ERIC) ver. 1.0" (http://hidrosuperf.imta.mx/sig_eric/). CONAGUA (2017).

Agosto 2018

En el mapa siguiente (mapa II.2.30), a largo plazo, sigue observándose la misma tendencia, toda su parte este es menos húmeda que su parte oeste. Sin embargo, y como desventaja ya mencionada para este índice únicamente puede cuantificar el déficit de precipitación; los valores basados en datos preliminares pueden cambiar, y los valores cambian cuanto más prolongado es el período de registro. Al observar datos promedios solo positivos y cercanos al cero indica que la precipitación es mayor a la mediana. La ventaja es que también se puede monitorear los periodos húmedos.



II.2.30. MAPA DE PELIGRO DE SEQUÍA SPI 6 MESES

Monitor de Sequía

El Monitor de Sequía en México consta de un Reporte que contiene una descripción de la sequía en el país. En este caso, se tomaron los datos correspondientes al municipio de Benito Juárez, desde 2003 hasta 2018. Sin embargo, el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) señala que, debido a factores externos, el Monitor de Sequía no se elaboró en agosto de 2003 ni en febrero de 2004.

De acuerdo con la escala de intensidades del Monitor de Sequía de México, que va desde anormalmente seco (D0), sequía moderada (D1), sequía severa (D2), sequía extrema (D3) hasta sequía excepcional (D4), se muestran los meses donde esta amenaza estuvo presente en el municipio, abarcando un periodo de 15 años (2003 a 2018). Lo anterior se puede observar en la tabla 99.

CLASIFICACIÓN DE LA SEQUÍA DE ACUERDO CON EL MONITOR DE SEQUÍA	
Anormalmente Seco	D0
Sequía Moderada	D1
Sequía Severa	D2
Sequía Extrema	D3
Sequía Excepcional	D4

Para el municipio de Benito Juárez el monitor de sequía entre 2003 y 2018 se puede observar en la tabla 99. La cual puede ser utilizada para la programación de riego de acuerdo con los meses en que esta se presenta. Si bien se presenta a escala mensual, CONAGUA y el SMN, la actualizan quincenalmente, por lo que se recomienda actualizar los índices e indicadores aquí presentados.

Tabla 99. Intensidad de sequía para Benito Juárez.

Año / Mes	ene	feb	mar	abril	mayo	junio	julio	agosto	sep	oct	nov	dic
2003							D0					
2004							D0	D0	D1	D1	D1	D1
2005	D1	D1	D1	D1	D1	D0		D0				
2006				D0		D0				D1		
2007	D0	D1	D1	D2	D2	D2	D0		D1	D1	D2	D2
2008	D2	D2	D1	D1	D2	D1						
2009			D0	D1	D1	D1	D1	D0	D2	D2	D0	D0
2010	D0	D0	D0	D1	D1	D1	D1	D0		D0	D0	D0
2011	D0	D0	D0	D1	D2	D2	D2					
2013	D0	D0			D0							
2014							D0	D0	D0	D0	D0	
2015				D0	D0				D0	D0		
2016						D0	D0	D1	D1	D1	D1	D1
2017	D0					D0	D0	D0				
2018			D0	D0	D0			D0	D0	D0	D1	D1

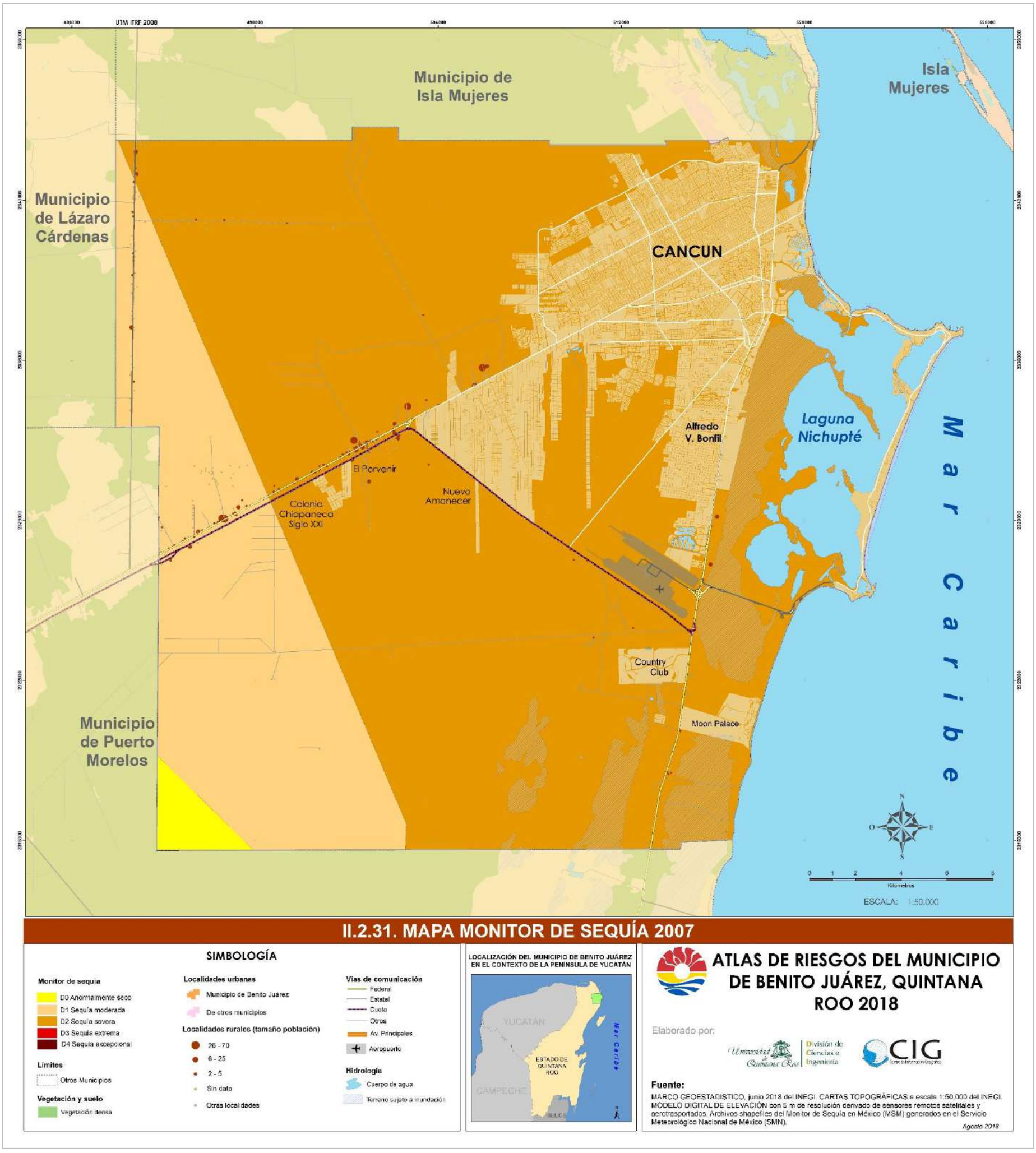
Fuente: Servicio Meteorológico Nacional (SMN). CONAGUA.

El peligro por sequía para el municipio se observa a un nivel D2 (sequía severa) para el año 2007 entre abril y junio, en el periodo de primavera y de noviembre a diciembre en el periodo de invierno, lo cual se sostiene hasta 2008 de enero a febrero. En 2008 también alcanza este nivel en el mes de mayo. En el año siguiente 2009 los meses con sequía severa (D2) fueron septiembre y octubre, de ahí fue hasta 2011 donde igual se tuvo esta clasificación entre mayo y julio, considerados los meses más calurosos y secos del año para esta región.

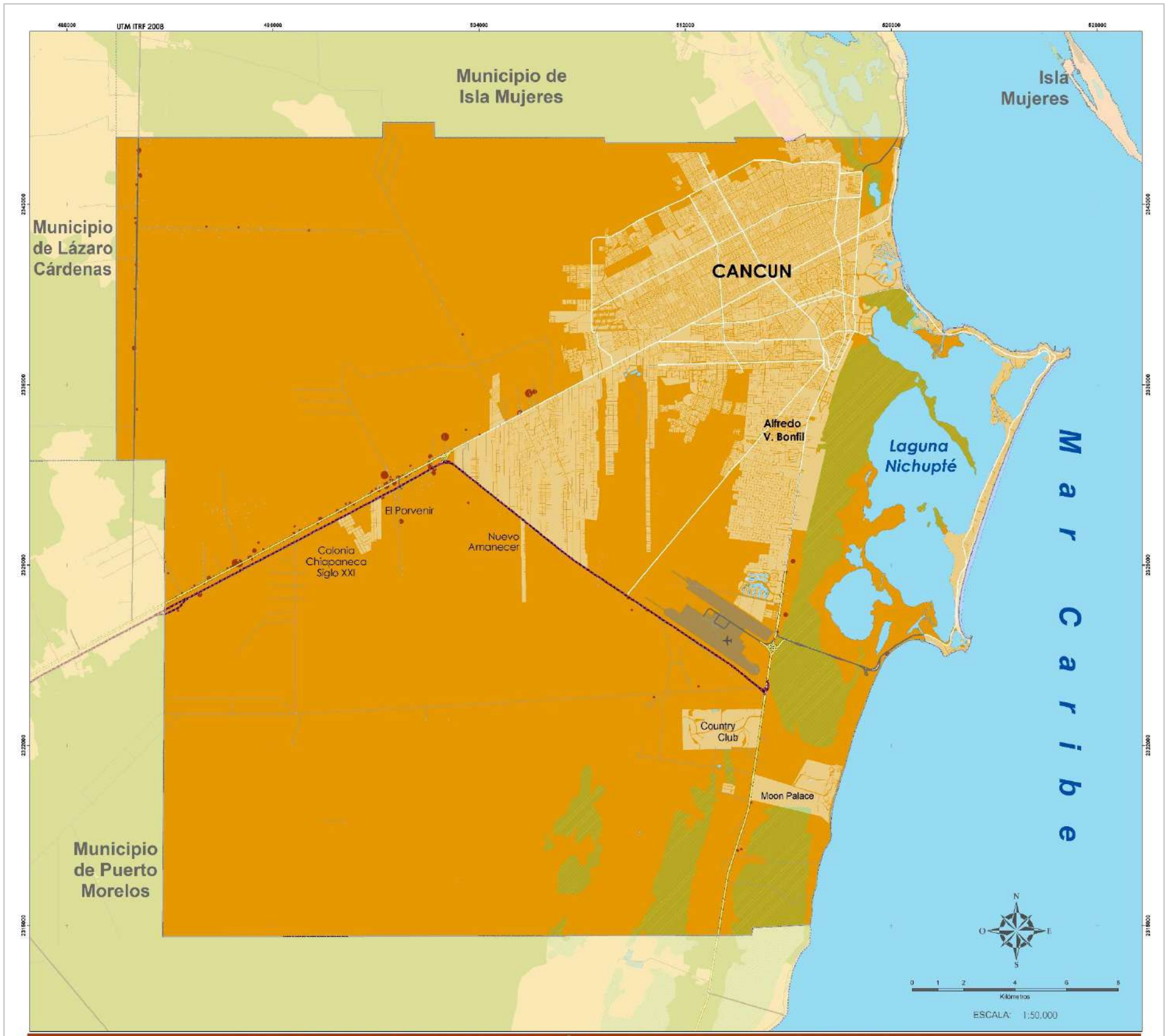
El SMN provee de archivos *shapefiles* del Monitor de Sequía en México (MSM) generados por ellos mismos. Para el municipio de Benito Juárez se realizaron mapas para dos meses en dos años diferentes a manera de ejemplo y observar a más detalle las áreas indicadas en los datos obtenidos.

El primer mapa (mapa II.2.31) corresponde al mes de febrero de 2007, donde en la tabla de intensidad de sequía se observa moderada (D1), no obstante, espacialmente se observa con una intensidad de D1 y D2, es decir, la parte oeste del municipio indica una sequía severa y el resto una sequía moderada. Lo anterior coincide mucho

con el comportamiento observado en estos 56 años. Por otro lado, y casi 10 años adelante, tenemos que para diciembre de 2018 (mapa II.2.33) la intensidad de la sequía se encuentra en los niveles D0 Anormalmente Seco y D1 Sequía Moderada. Sin embargo, esta se da de norte a sur en el territorio del municipio. La primera se observa en su parte sur y la segunda en su parte norte.



Ambas herramientas el MSM y SPI nos muestran las áreas afectadas con sequía, pudiendo observar su evolución y concentración en el municipio. Con lo anterior se pueden lograr medidas más efectivas de mitigación y estimular la resiliencia de las poblaciones frente a la ocurrencia de sequías. Asimismo, pueden ayudar a la administración de los recursos hídricos.



II.2.32. MAPA MONITOR DE SEQUÍA FEBRERO-MAYO-DICIEMBRE 2008

SIMBOLOGÍA

Monitor de sequía
- D0 Anormalmente seco
- D1 Sequía moderada
- D2 Sequía severa
- D3 Sequía extrema
- D4 Sequía excepcional

Límites
- Municipio Benito Juárez
- Otros Municipios

Vegetación y suelo
- Vegetación densa

Localidades urbanas
- Municipio de Benito Juárez
- De otros municipios

Localidades rurales (tamaño población)
- 26 - 70
- 6 - 25
- 2 - 5
- Sin dato
- Otras localidades

Vías de comunicación
- Federal
- Estatal
- Cuota
- Otros
- Av. Principales
- Aeropuerto

Hidrología
- Cuerpo de agua
- Terreno sujeto a inundación

LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ EN EL CONTEXTO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN



ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO 2018

Elaborado por:

Universidad de Quintana Roo | División de Ciencias e Ingeniería

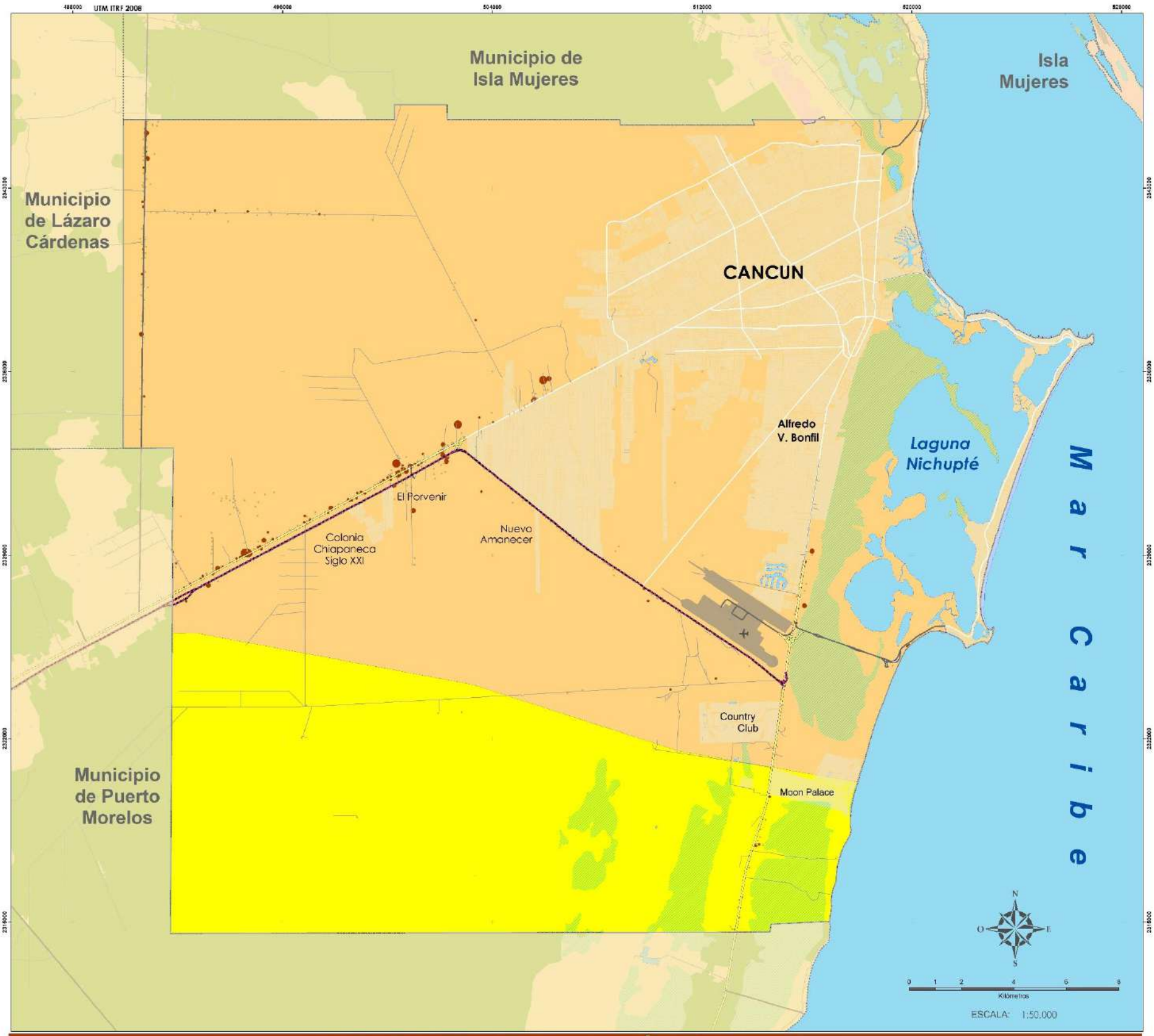
CIG Centro de Información Geográfica

Fuente:

MARCO GEOESTADISTICO, junio 2018 del INEGI. CARTAS TOPOGRÁFICAS a escala 1:50,000 del INEGI. MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN con 5 m de resolución derivado de sensores remotos satelitales y aerotrasportados. Archivos shapefiles del Monitor de Sequía en México (MSM) generados en el Servicio Meteorológico Nacional de México (SMN).

Agosto 2018

II.2.33. MAPA MONITOR DE SEQUÍA DICIEMBRE 2018



SIMBOLOGÍA

Monitor de sequía
- D0 Anormalmente seco
- D1 Sequía moderada
- D2 Sequía severa
- D3 Sequía extrema
- D4 Sequía excepcional

Límites
- Otros Municipios

Vegetación y suelo
- Vegetación densa

Localidades urbanas
- Municipio de Benito Juárez
- De otros municipios

Localidades rurales (tamaño población)
- 26 - 70
- 6 - 25
- 2 - 5
- Sin dato
- Otras localidades

Vías de comunicación
- Federal
- Estatal
- Cuota
- Otros
- Av. Principales
- Aeropuerto

Hidrología
- Cuerpo de agua
- Terreno sujeto a inundación

LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ EN EL CONTEXTO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN



ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO 2018

Elaborado por:

Universidad de Quintana Roo | División de Ciencias e Ingeniería | CIG

Fuente:

MARCO GEOESTADISTICO, junio 2018 del INEGI. CARTAS TOPOGRÁFICAS a escala 1:50,000 del INEGI. MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN con 5 m de resolución derivado de sensores remotos satelitales y aerotrasportados. Archivos shapefiles del Monitor de Sequía en México (MSM) generados en el Servicio Meteorológico Nacional de México (SMN).

Agosto 2018

Heladas

El fenómeno de la helada puede provocar principalmente pérdidas a la agricultura y afectar la salud de la población de las zonas rurales y urbanas; sus inclemencias las sufren, sobre todo, las personas que habitan en casas frágiles o que son indigentes, así como los niños y personas de la tercera edad.

La helada es un fenómeno meteorológico que consiste en un descenso de la temperatura ambiente a niveles inferiores al punto de congelación del agua y hace que el agua o el vapor que está en el aire se congele depositándose en forma de hielo en las superficies. Son períodos de bajas temperaturas, con varios grados bajo cero. Influyen la altitud y la orientación topográfica: montañas, mesetas, valles, así como tipo de suelo y cubierta vegetal. En el país, las heladas y las bajas temperaturas ocurren esencialmente, durante los meses de noviembre a marzo, siendo diciembre y enero los de mayor impacto.

Cuando se presenta esta amenaza, se observan daños en tuberías de conducción (agua, gas), placas de hielo en calles y carreteras, más consumo de energía debido a las necesidades de calefacción. Se conoce como día de helada aquel en que la temperatura mínima del aire es igual o inferior a 0 °C.

Tanto por su ubicación geográfica, su altitud y su relieve, el municipio de Benito Juárez no es afectado por este tipo de amenazas. Las zonas costeras poseen ausencia de este fenómeno; como la vertiente del golfo de México, el sur del río Pánuco y hasta la península de Yucatán, e incluso el istmo de Tehuantepec, además de la llanura del océano Pacífico.

Tormentas de granizo

El granizo es un fenómeno meteorológico que consiste en un tipo de precipitación formado por partículas de hielo de diámetro igual o superior a 5 mm. El granizo se produce en muchas zonas de nuestro planeta y va asociado a importantes daños en superficie, es decir, afecta de forma grave a cultivos, infraestructuras humanas y hasta incluso vidas humanas.

Para estudiar las tormentas de granizo es necesario saber en qué condiciones o en que entornos medioambientales estas se producen. Suelen estar asociadas a situaciones de inestabilidad atmosférica, fuertes corrientes ascendentes y sistemas convectivos bien organizados. Es decir, cuando la tormenta es producida por el ascenso de una columna de aire caliente, en el ascenso el aire se enfría hasta alcanzar la misma temperatura que el entorno, y desciende. En el descenso vuelve a calentarse hasta alcanzar la temperatura necesaria para volver a ascender. La convección es uno de los tres principales mecanismos con los que es posible el transporte de calor (radiación, conducción y convección).

Los fenómenos atmosféricos asociados a la convección son denominados convectivos y suelen clasificarse en una gran multitud de variedades dependiendo de sus dimensiones espaciales, de su resolución temporal, de su organización o del tipo de tiempo producido. Estos fenómenos, en sus formas más violentas, provocan lluvias fuertes, granizo de gran tamaño (>19 mm), fuertes vientos o tornados.

Para el municipio de Benito Juárez los registros para tormentas de granizo no han existido, de acuerdo con las fuentes consultadas.

Ciclones tropicales

En México, los riesgos hidrometeorológicos tienen grandes repercusiones, positivas y negativas, debido, entre otros factores, a la ubicación geográfica de sus poblaciones, su orografía y a los diversos sistemas meteorológicos que la afectan, pero principalmente a la distribución de su población, los grandes contrastes que ésta presenta y

a su dinamismo, principalmente a su crecimiento, en algunas partes intenso, y en otra en movimiento derivado de los fenómenos migratorios (SINAPROC/CENAPRED, 2006).

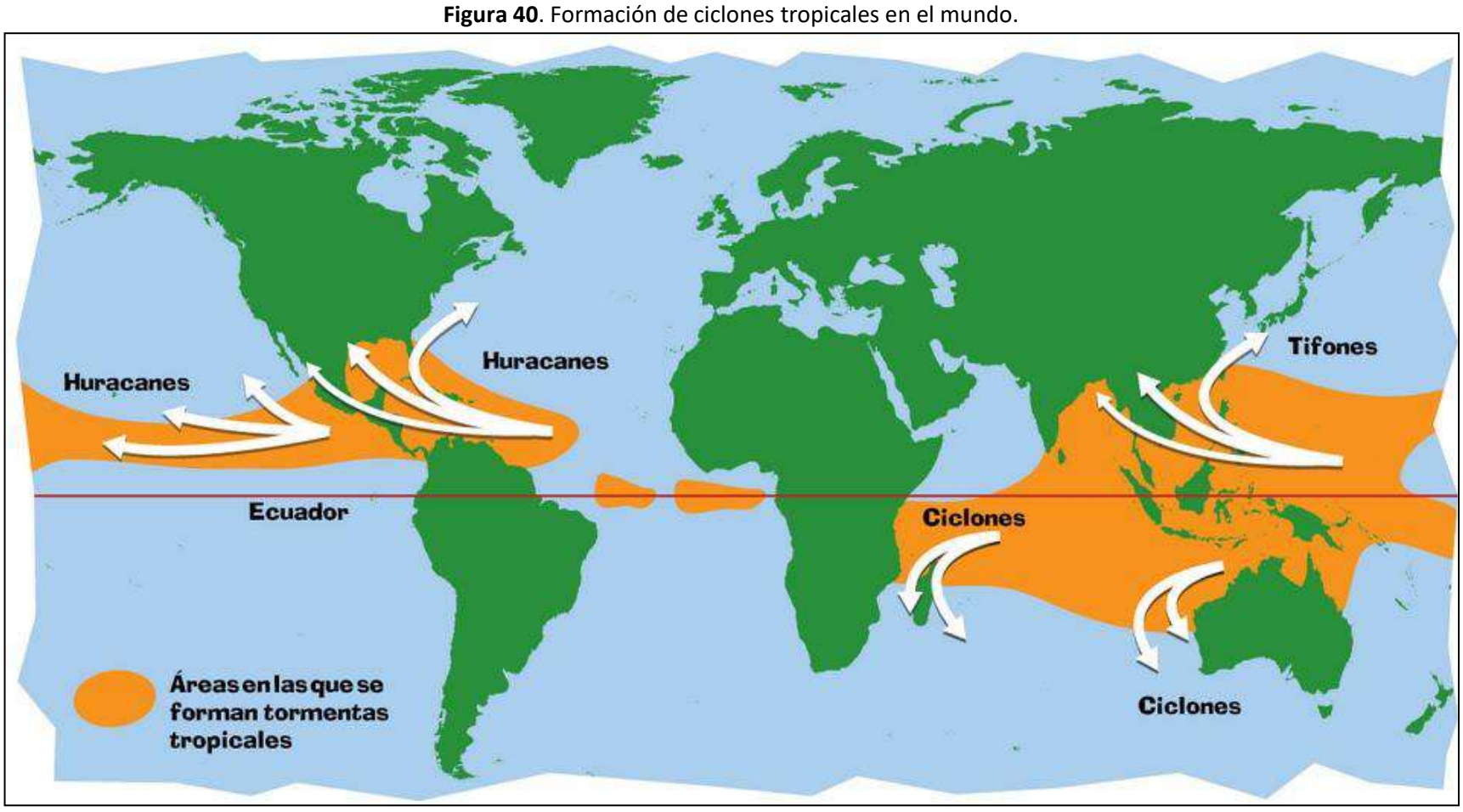
El término científico para todas estas tormentas es ciclón tropical, sin embargo, en su etapa más intensa, son conocidos por varios nombres según las regiones en donde ocurren (SEGOB/CENAPRED, 2006) (Figura 39): Huracanes (Océano Atlántico, Océano Pacífico, Golfo de México y Mar Caribe); Ciclones (Mar de Arabia, Océano Índico, al este de Isla Mauricio, Madagascar y Bangaldesh) y Tifones (China y la costa de Japón).

Pero a que llamamos una perturbación tropical, una depresión y una tormenta tropicales. Estos términos se usan para describir fenómenos atmosféricos organizados de las latitudes tropicales, en intensidades crecientes, pero que no alcanzan la categoría de huracán.

Perturbación tropical

Es un pequeño sistema atmosférico tropical que parece tener convección organizada, con un diámetro de alrededor de 200 a 600 km (100 a 300 millas), procedente del trópico o los subtrópicos, con características de migración no-frontales, y que mantiene su integridad por 24 horas o más. El sistema puede o no estar relacionado a disturbios perceptibles en el campo de los vientos. Si el sistema está asociado con las perturbaciones en el campo de los vientos y se propagan desde el Este hacia el Oeste, entonces se conocen como "ondas tropicales".

Figura 40. Formación de ciclones tropicales en el mundo.



Fuente: MOS INGENIEROS. La formación de un huracán.
Recuperado de http://www.mosingenieros.com/2012/10/la-formación-de-un-huracan.html

Depresión tropical (DT)

Un ciclón tropical donde la velocidad de vientos máximos sostenidos en la superficie durante 1 minuto (según se define en los estándares de los EE. UU.) es hasta 38 millas por hora (mph), equivalente a 61.15 km/h. A distinción de los disturbios tropicales, las depresiones tropicales tienen una circulación cerrada.

Tormenta tropical (TT)

Un ciclón tropical que exhibe vientos máximos sostenidos desde 39 a 73 mph (63 a 118 km/h. La convección en las tormentas tropicales típicamente se concentra en el centro, con bandas exteriores en espiral que producen mucha precipitación.

Huracán (H)

Si los vientos de un ciclón tropical igualan o exceden las 74 millas por hora (119 km/h), entonces se denomina un huracán (en el Océano Atlántico y en el Pacífico Nororiental y Norcentral). Los huracanes se clasifican en la Escala de Vientos de Saffir-Simpson (Tabla 100) según la intensidad del viento. Aquellos huracanes con vientos de las categorías 3, 4 o 5 se consideran huracanes de gran intensidad.

Un ciclón tropical es una gran masa de aire cálido y húmedo con fuertes vientos girando en forma de espiral alrededor de una zona de baja presión. Se originan en el mar entre las latitudes 5° a 15°, tanto en el hemisferio norte como en el sur, en la época en que la temperatura del agua es mayor o igual 26° C (Figura 39). Cuando éstos se ubican en el hemisferio norte, giran en el sentido contrario a las manecillas del reloj. Los ciclones tropicales tienen un área casi circular con la presión más baja en el centro, transportan gran cantidad de humedad y frecuentemente se trasladan con velocidades comprendidas entre 10 a 40 km/h (Rosengaus et al., 2002).

El término **ciclón tropical** es el término "científico" para estos fenómenos meteorológicos, los **huracanes**. Para explicar las características de estos ciclones tropicales partiremos por describir sus particularidades hasta llegar a convertirse en huracanes, para conocer, de acuerdo con su escala, los daños potenciales que pueden ocasionar en las infraestructuras (Hernández, 2014).

Figura 41. Organización de los fenómenos atmosféricos en latitudes tropicales.



Fuente: NOOA (http://www.aoml.noaa.gov/hrd/tcfaq/A5_esp.html)

Aspectos destructivos de los ciclones tropicales.

Los aspectos destructivos de los huracanes tropicales, que marcan su intensidad, se deben principalmente a cuatro aspectos: 1) *viento*, 2) *oleaje*, 3) *marea de tormenta* y 4) *lluvia*. A lo largo de la historia, la marea de tormenta ha sido la responsable de la mayor cantidad de daños comparada con los otros efectos. Cada uno de estos fenómenos se localizan al interior del ciclón tropical o a su exterior, es decir, el viento y el oleaje están concentrados a pocos kilómetros del centro del huracán, mientras que las lluvias que lo acompañan afectan áreas a cientos de kilómetros de su centro (figura 41).

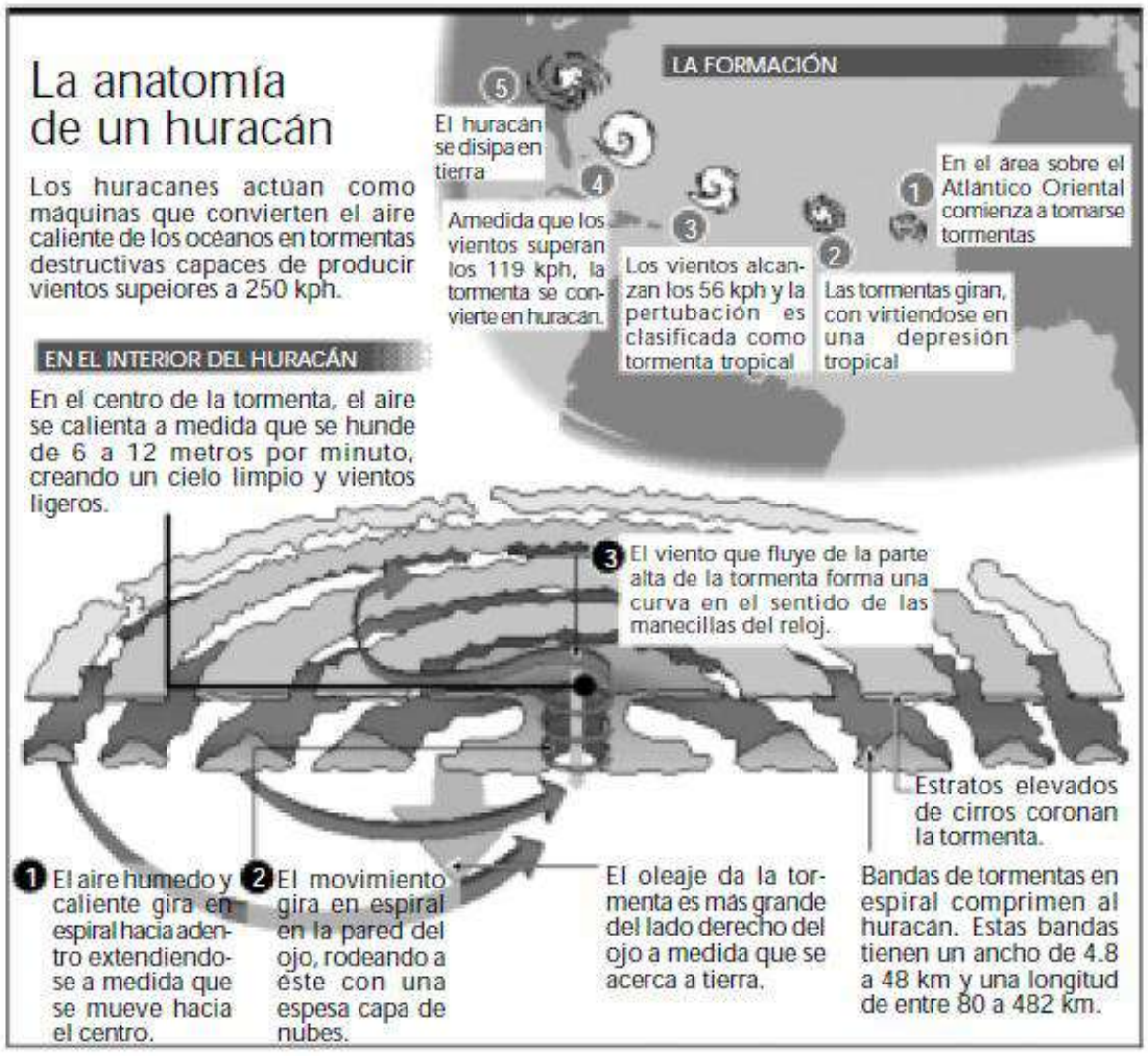
Vientos

Una de las formas más comunes de clasificar la evolución e intensidad del ciclón es, precisamente, la velocidad máxima sostenida de los vientos. Sin embargo, como señala Rosengaus (2002), una de las mayores confusiones de las operaciones de protección civil y la población es percibir que el ciclón es arrastrado por los vientos, siendo la realidad totalmente opuesta: los vientos están siendo llevados al sitio por el ciclón. Se debe entonces, considerar el daño que puede generar un ciclón tropical por las condiciones "pico" de los vientos al sitio de interés y el tiempo de arribo de las condiciones de vientos consideradas como peligrosas.

Oleaje

El oleaje se produce cuando el viento pasa por la superficie del agua y la fuerza de fricción ocasiona que se formen ondas. El oleaje sobre la superficie del mar (o lagos, lagunas o cuerpos de agua) no es otra cosa que una ondulación periódica de su superficie (SEGOB/CENAPRED, 2006). La potencia del oleaje está directamente asociada a su altura y la profundidad de la franja costera y de cuánta distancia tenga que recorrer sobre aguas de mediana a poca profundidad. Las olas producidas por un ciclón empiezan a ser afectadas por el fondo de 200 metros y ser determinantes a partir de los 40 m (Rosengaus, 2002). No obstante, los índices de peligrosidad costera se pueden hallar analizando la batimetría (o topografía submarina) alrededor de las costas. Así pues, la distancia entre la costa (o línea batimétrica 0 m) y el límite de la plataforma continental (línea batimétrica 200 m) se convierte en un índice de peligrosidad del oleaje ciclónico en la zona costera.

Figura 42. Anatomía de un huracán



Fuente: Jiménez et al. (2003). Ciclones tropicales, México, Secretaría de Gobernación-CENAPRED, (serie: Fascículos). Pág. 5.

Marea de tormenta

El efecto menos conocido entre la población y aun a nivel técnico en nuestro país, es la marea de tormenta o sobreelevación del nivel medio del mar (puede ser de más de 1 metro) cuando un ciclón tropical se acerca a la costa (Rosengaus, 2002). La marea se agrega al oleaje que físicamente se está produciendo en el momento que se aproxima el huracán y por esta razón no es tan obvio percatarse de la existencia de dicha sobreelevación por lo que simplemente se reportan olas que tienen mayores alcances tierra adentro. 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.

Lluvia e inundaciones

El efecto de precipitaciones quizá es el más conocido para los pobladores del altiplano debido a su magnitud. Un porcentaje alto de la población y de los centros de toma de decisión federales se encuentran en el altiplano como

es el caso de la Cuidad de México y sus alrededores, misma que se encuentra a 250 km de la costa, a 2,250 m sobre el nivel del mar y protegida del embate directo de los ciclones del Pacífico y del Atlántico por barreras montañosas muy altas por ambos lados. De esta manera, una gran cantidad de mexicanos perciben un ciclón tropical como un día con llovizna continua en los alrededores de la capital cuando, al mismo tiempo, la población costera está sujetos a efectos ocasionalmente dramáticos (Rosengaus, 2002). Los huracanes arrastran consigo enormes cantidades de humedad que, al precipitarse, generalmente con mayor intensidad cuando el ciclón encuentra una barrera montañosa, provocan fuertes tormentas y deslizamientos de tierra.

Escala Saffir-Simpson

La escala para medir la intensidad de los vientos de los huracanes es la Escala de Huracanes Saffir-Simpson, categorización basada en la intensidad del huracán en el momento indicado que va de 1 a 5 (Tabla 100). La escala - originalmente desarrollada por el ingeniero Herbert Saffir y el meteorólogo Bob Simpson - ha sido una excelente herramienta para alertar al público sobre los posibles impactos de la intensidad de los huracanes.

Saffir desarrolló la mayoría de los estudios sobre el impacto de los vientos en las estructuras construidas por el hombre, mientras que Simpson atendió al efecto de las mareas (Schott et al., 2012). La escala incluye ejemplos del tipo de daño y de los impactos para los Estados Unidos que se encuentran asociados con los vientos de la intensidad indicada. Sin embargo, es una escala mundialmente aceptada para categorizar a los huracanes.

Saffir cedió la escala al Centro Nacional de Huracanes de Estados Unidos; posteriormente Simpson añadiría a la escala los efectos del oleaje e inundaciones. No se tienen en cuenta ni la cantidad de precipitación ni la situación, lo que significa que un huracán de categoría 3 que afecte a una gran ciudad puede causar muchos más daños que uno de categoría 5 que afecte a una zona despoblada. De la misma manera, y aunque, no se incluya en la Escala Saffir-Simpson oficialmente, se conocen los rangos de velocidad de viento para depresiones y tormentas tropicales para su identificación (Tabla 100).

La escala no plantea la posibilidad de daño de otros impactos relacionados con los huracanes, como las mareas de tormenta, las inundaciones inducidas por la lluvia y los tornados. También hay que señalar que estas descripciones generales de los daños causados por el viento dependen, hasta cierto punto, de los códigos de construcción locales vigentes y de lo bien que con el tiempo se han aplicado.

Tabla 100. Escala Saffir-Simpson

Categoría	Velocidad del viento			
	m/s	Nudos (kn)	mph	Km/h
Cinco	≥ 70 m/s	≥ 137 kn	≥ 157 mph	≥ 252 km/h
Cuatro	58–70 m/s	113–136 kn	130–156 mph	209–251 km/h
Tres	50–58 m/s	96–112 kn	111–129 mph	178–208 km/h
Dos	43–49 m/s	83–95 kn	96–110 mph	154–177 km/h
Uno	33–42 m/s	64–82 kn	74–95 mph	119–153 km/h

Clasificación relacionada

Tormenta tropical	8–32 m/s	34–63 kn	39–73 mph	63–118 km/h
Depresión tropical	≤ 17 m/s	≤ 33 kn	≤ 38 mph	≤ 62 km/h

Fuente: Elaboración propia.

Afectaciones de ciclones y fenómenos tropicales en el municipio de Benito Juárez

Los huracanes pueden producir lluvias torrenciales extensas y las inundaciones son el mayor evento destructivo por el exceso de precipitación, como ya se ha comentado. Esta precipitación también puede provocar derrumbes

de tierra o corrimientos de lodo, especialmente en las regiones montañosas, lo que no es el caso del municipio de Benito Juárez. Sin embargo, si ha sido afectado por inundaciones que han persistido por varios días después del paso de fenómenos hidrometeorológicos.

Para el municipio de Benito Juárez los fenómenos hidrometeorológicos más significativos que se han presentado en el periodo de 1857 a 2011 (154 años), han sido solamente 18, contabilizados a partir de la información recabada por la NOOA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*, 2018) de Estados Unidos: 5 Depresiones Tropicales (DT), 7 Tormentas Tropicales (TT), 1 Huracán categoría 1 (H1), 4 Huracanes categoría 2 (H2), y 1 Huracán categoría 3 (H3), clasificados de acuerdo a sus viento máximos sostenidos (Tabla 100 y Mapa II.2.34). No obstante, aunque el huracán Gilberto (1988) no paso sobre el territorio municipal, si tuvo gran impactó en pérdidas económicas y daño en la infraestructura turística de la ciudad de Cancún, principalmente.

Gilberto tocó tierra en la Isla de Cozumel el 14 de septiembre de 1988, con vientos sostenidos de 287 km/h y una presión barométrica entre 888 a 900 mb, entre las más bajas registradas en el Océano Atlántico (figura 42). Una hora después hizo contacto con la Península de Yucatán al norte de la ciudad de Playa del Carmen, para posteriormente adentrarse al estado de Yucatán, sosteniendo su categoría 5 aún tierra adentro. En la ciudad de Cancún, Gilberto produjo olas de 7 metros de altura, llevándose el 60% de las playas de la ciudad. La marea de tormenta por su parte penetró hasta 5 kilómetros de la línea de costa. Esto origino el descenso del turismo para los meses posteriores de ese año (octubre, noviembre y diciembre), dando lugar a pérdidas económicas de alrededor de $500 millones de dólares. Turistas fueron evacuado de Cancún. Asimismo, la pérdida de vegetación fragmentación y degradación de la selva causada por el paso del huracán impulsaron grandes incendios en la primavera de 1989 en la región, calcinando alrededor de 1,200 km^2.

Tabla 101. Daños causados por el Huracán Gilberto 1988.

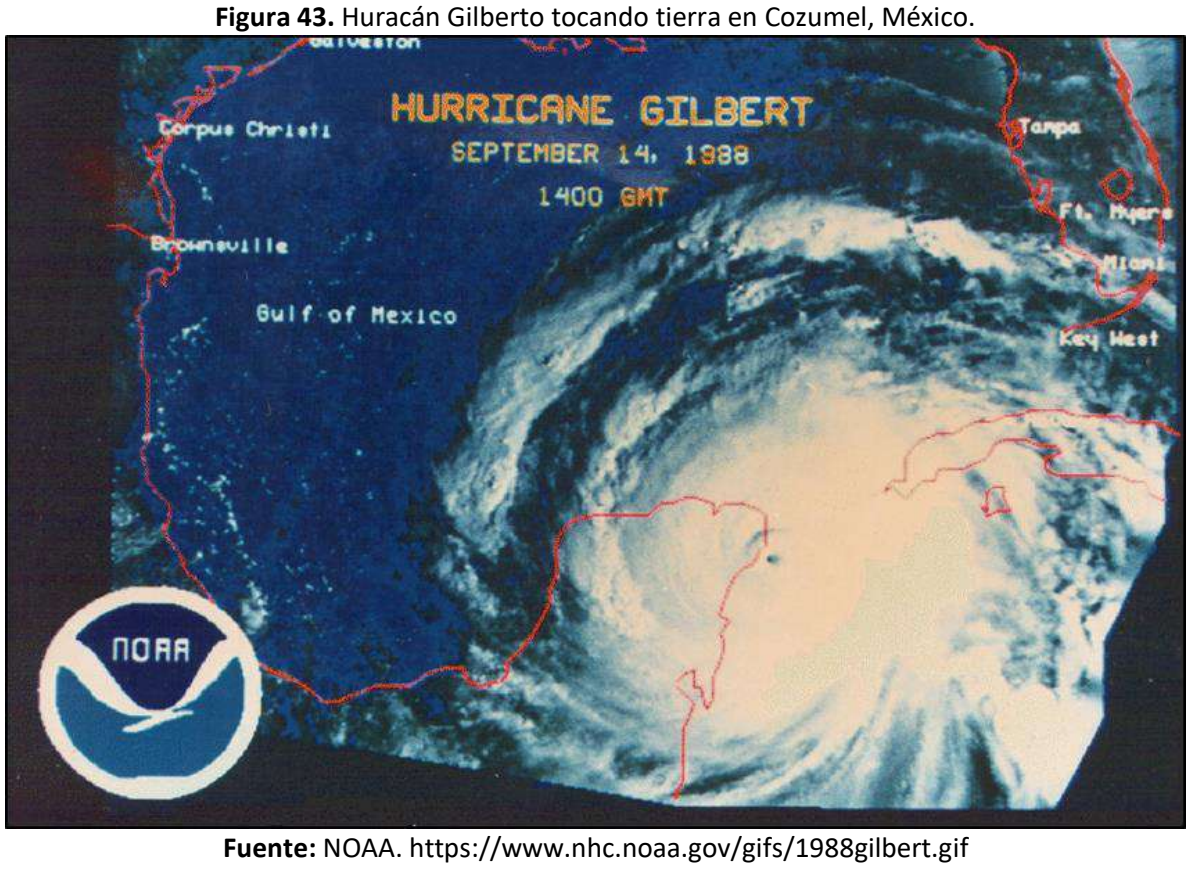
Entidad	Agricultura		Asentamientos humanos				
	Daño total (ha)	Daño parcial (ha)	Casas habitación	Evacuados	Damnificados	Muertos	Heridos
Coahuila			653	5,000	3,500	5	
Campeche	22,000	34,000	870	10,000	4,000	8	
Nuevo León			3,820	30,000	20,000	180	3
Quintana Roo		100,000	1,468	35,000	8,000	16	
Tamaulipas	18,407	33,721	1,778	39,374	10,110	10	43
Yucatán	54,600	101,400	1,150	20,000	6,000	6	
TOTALES	**95,007**	**269,121**	**9,739**	**139,374**	**51,610**	**225**	**46**

Fuente: Bitrán, D. (2001). Características del impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en México en el periodo 1980-99. Serie. Impacto socioeconómico de los desastres en México. CENAPRED.

En Quintana Roo se reportaron 16 muertos y 8 mil damnificados; en Yucatán y Campeche causó 6 y 8 muertes, además de 4 mil y 6 mil damnificados, respectivamente. En Nuevo León, particularmente en la ciudad capital, Monterrey, provocó cerca de 200 decesos a lo largo del río Santa Catarina y daños de consideración en edificios, vialidades, tendido eléctrico, carreteras de acceso y sembradíos (Tabla 101). En suma, los efectos destructivos del huracán se resintieron fuertemente en 6 estados de la República, considerándose por ello uno de los ciclones tropicales más intenso de las últimas décadas (Tabla 101).

En algunos puntos de esta trayectoria, las precipitaciones pluviales fueron superiores a los 300 mm en 24 horas. La Organización Meteorológica Mundial (OMM) registró al huracán Gilberto, como el evento natural que nunca habían notado en la cuenca del Atlántico. Igualmente, se caracteriza por ser uno de los ciclones tropicales con gran expansión en lo que va de historia, este fenómeno llegó a alcanzar un área de 1,250 kilómetros (figura 42).

Figura 43. Huracán Gilberto tocando tierra en Cozumel, México.



Fuente: NOAA. https://www.nhc.noaa.gov/gifs/1988gilbert.gif

Son innumerables los huracanes que en su trayectoria inicial fueron peligros naturales para el Estado de Quintana Roo, sin embargo, la temporada de huracanes 2005 batió numerosos récords y se convirtió en la temporada de huracanes del Atlántico más activa en la historia desde que se llevan registros, al producirse más tormentas tropicales que en cualquier otro año (28), más huracanes (14) y más huracanes de categoría 5 en la escala Saffir-Simpson (NOAA, *Reviews record-setting 2005 Atlantic hurricane season*).

Los datos especificados por la NOAA apuntan que el 22 de octubre de 2005 se desplazó sobre el territorio municipal el huracán *Wilma*, ya como un huracán categoría 3. Sin embargo, *Wilma* fue el cuarto huracán de categoría 5 de la temporada que batió el récord de las temporadas pasadas de 1960 y 1961 en el Océano Atlántico (figura 43). Ha sido el huracán más intenso registrado en el Atlántico y el décimo ciclón tropical más intenso registrado en todo el mundo (los otros 9 fueron tifones), con la presión más baja reportada en el hemisferio occidental, un récord que ostentaba el huracán Gilbert en 1988 con 888 hPa y *Wilma* alcanzó los 882 hPa. Se consideraba el huracán más intenso del país hasta entonces, récord que sería desafiado por el huracán Patricia quien alcanzó la más baja presión atmosférica con 872 hPa en el Pacífico durante 2015. Lo anterior ofrece antecedentes documentados para poder prever los periodos de retorno de riesgo por huracanes.

Figura 44. Huracán Wilma (2005).



Fuente: NOAA

El huracán Wilma, cruzó Playa del Carmen y Puerto Morelos con categoría 4 con vientos de 220 km/hr y rachas de 270 km/hr, atravesó al día siguiente los municipios de Benito Juárez (H3) e Isla Mujeres debilitándose hasta categoría 2 (Mapa II.2.34).

El ojo del huracán pasó primero sobre la isla de Cozumel. Posteriormente, el ojo se movió lentamente hacia el norte, pasando justo al Este-Noreste de Cancún.

Debido a que un frente frío no permitía que Wilma avanzara, éste se mantuvo estacionario por más de 63 horas consecutivas de afectación.

Este huracán se mantuvo 'estacionario' sobre Cancún, causando gran destrucción, sobre todo en la zona hotelera. La precipitación pluvial fue de 1.5 veces la precipitación promedia anual. Todo ello ocasionó asimismo una notable pérdida de playas, que es uno de los recursos más señalados para la actividad turística en Quintana Roo. No obstante, como nos señala CENAPRED (2006), la intensidad y permanencia del ciclón y los ingentes daños económicos ocasionados al estado, no tuvieron consecuencias mayores en pérdida de vidas humanas, favorablemente sólo se reportó un número limitado de decesos atribuibles al mismo (3 en todo el estado). Finalmente, con un recorrido de 6 km/h, lo cual prolongó el tiempo de este huracán dentro de Cancún, Wilma comenzó de nuevo su trayectoria las primeras horas del 23 de octubre, abandonó la península por su extremo noreste y se internó en el golfo de México como un huracán de categoría 2.

De la misma manera, los municipios de Cozumel, Benito Juárez, Lázaro Cárdenas, Isla Mujeres, Felipe Carrillo Puerto y Othón P. Blanco fueron declarados en desastre en el Diario Oficial del 28 de noviembre de 2005 “con motivo de las lluvias extremas, viento, oleaje, tormentas eléctricas y marea de tormenta ocasionados por el paso del Ciclón Tropical Wilma” (CENAPRED, 2006).

Por otra parte, se sabe que las playas de Cancún, desde la década de los años sesenta, han sido uno de los atractivos turísticos más visitados en el estado de Quintana Roo. En esos años y en su estado natural, incluyendo la duna, alcanzaba cerca de 80 metros de ancho, en promedio (Martell-Dubois, el al., 2012). La barra arenosa, encierra un cuerpo de agua salobre denominado Sistema Lagunar Nichupté. Como se puede apreciar, la complejidad de los elementos que conforman este entorno natural resulta en un ecosistema con un alto grado de vulnerabilidad. Es de esperar, entonces, que propiamente cualquier alteración de las condiciones naturales pueda ocasionar un desequilibrio irreversible del ecosistema. Como ocurrió con el paso del huracán Gilberto (1988), donde se produjeron las mayores pérdidas de arena registradas hasta entonces en el municipio. Posterior a este fenómeno, la playa inició un proceso de “auto-recuperación”, pero sin alcanzar su estado original. Sin embargo, los huracanes Iván (2004), Emily y Wilma (2005) provocaron de nuevo serias afectaciones, por su radio de acción, alcanzado de nuevo a las playas de Cancún. En octubre de 2005, después del paso del huracán Wilma, la playa de Cancún desapareció por completo en más del 70% de su extensión (Silva et al., 2006, cit. Martell-Dubois, et al., 2012).

Los huracanes categoría 2 que han impactado el municipio han tenido lugar entre 1857 y 1909, de acuerdo con el registro de la NOOA (2018), éstos han sido cuatro huracanes en total (Mapa II.2.34). Desde 1909 no se tiene registro de otro fenómeno con esta categoría. Por su parte, el registro de la NOOA señala que en 1941 el municipio de Benito Juárez resulto afectado por un huracán categoría 1, sin nombre especificado, y sin datos de presión atmosférica, solo de vientos sostenidos (129.64 km/h).

Asimismo, en el mapa II.2.34 se pueden observar siete Tormentas Tropicales (TT) como Keith (1988), que se desarrolló a partir de una onda tropical en el Mar Caribe el 17 de noviembre. Claudett (2003) y Rina (2011). La primera fue la tercera tormenta tropical de la temporada 2003 y la segunda, atravesó el municipio por su parte Oeste trayendo fuertes lluvias y ráfagas de viento antes de dar vuelta hacia el norte. Las restantes TT se presentaron en los años 1870, 1912, 1913 y 1936.

Las depresiones tropicales (DT), si bien sus vientos máximos solo alcanzan 62 km/h, muchas de las veces traen consigo abundantes precipitaciones, como las TT, que pueden causar grandes inundaciones en donde se presentan o ir evolucionando hasta alcanzar la categoría de huracán. Para el municipio de Benito Juárez son cinco DT que han afectado su territorio.

En 1973 la DT Delia, se originó a partir de una onda tropical que se formó sobre el Mar Caribe a finales de agosto, su trayectoria hacia el oeste-noroeste aumentó la actividad convectiva y mejoró la estructura general del sistema, organizándose en una depresión tropical frente a la costa sureste de la Península de Yucatán el 1 de septiembre. La siguiente DT identificada es Henri en 1979, la cual causo algunas inundaciones tanto en México como en Estados Unidos. Y finalmente, en 2007, la depresión tropical Olga ha sido la última registrada para esta categoría. No obstante, ésta se formó después de finalizar la temporada de huracanes 2007, partiendo de un sistema de baja presión que se desarrolló al este noreste de las Antillas Menores. Lentamente adquirió características tropicales, y más tarde el 10 de diciembre, el Centro Nacional de Huracanes declaró al sistema como Tormenta subtropical Olga localizándose justo al norte de Puerto Rico, para atravesar el municipio el 15 de diciembre, con vientos de 55.56 km/h y una presión barométrica de 1006 hPa (Tabla 102), haciendo de esta temporada una de pocas con actividad previa y posterior de los límites oficiales de la temporada de huracanes.

Tabla 102. Trayectorias históricas de los ciclones tropicales que pasaron sobre el territorio del municipio de Benito Juárez (1857 – 2011)

Nombre	Fecha	Categoría de huracanes y fenómenos tropicales	Vientos km/h	Presión atmosférica (mbar)
DELIA	1973-09-01	DT	55.56	1008
SIN NOMBRE	1974-09-24	DT	55.56	ND
SIN NOMBRE	1975-11-10	DT	55.56	ND
HENRI	1979-09-15	DT	46.3	1003
OLGA	2007-12-15	DT	55.56	1006
SIN NOMBRE	1870-11-02	TT	74.08	ND
SIN NOMBRE	1912-10-13	TT	111.12	ND
SIN NOMBRE	1913-06-25	TT	92.6	ND
SIN NOMBRE	1936-08-15	TT	64.82	ND
KEITH	1988-11-21	TT	111.12	993
CLAUDETT	2003-07-11	TT	92.6	1009
RINA	2011-10-28	TT	92.6	996
SIN NOMBRE	1944-09-20	H1	129.64	ND
SIN NOMBRE	1857-09-28	H2	166.68	ND
SIN NOMBRE	1887-07-25	H2	157.42	ND
SIN NOMBRE	1887-09-17	H2	157.42	ND
SIN NOMBRE	1909-08-25	H2	166.68	ND
SIN NOMBRE	1909-08-25	H3	185.2	ND
WILMA	2005-10-22	H3	203.72	935

Nota: DT- Depresión Tropical; TT- Tormenta Tropical, H1-Huracán Categoría 1, H2-Huracán Categoría 2, H3-Huracán Categoría 3, H4-Huracán Categoría 4 y H5-Huracán Categoría 5.

Fuente: Elaborado con base en la NOAA (2018), trayectorias de huracanes 1851-2017 obtenidas de: http://www.ncdc.noaa.gov/ibtracs/index.php? name=wmo-data.

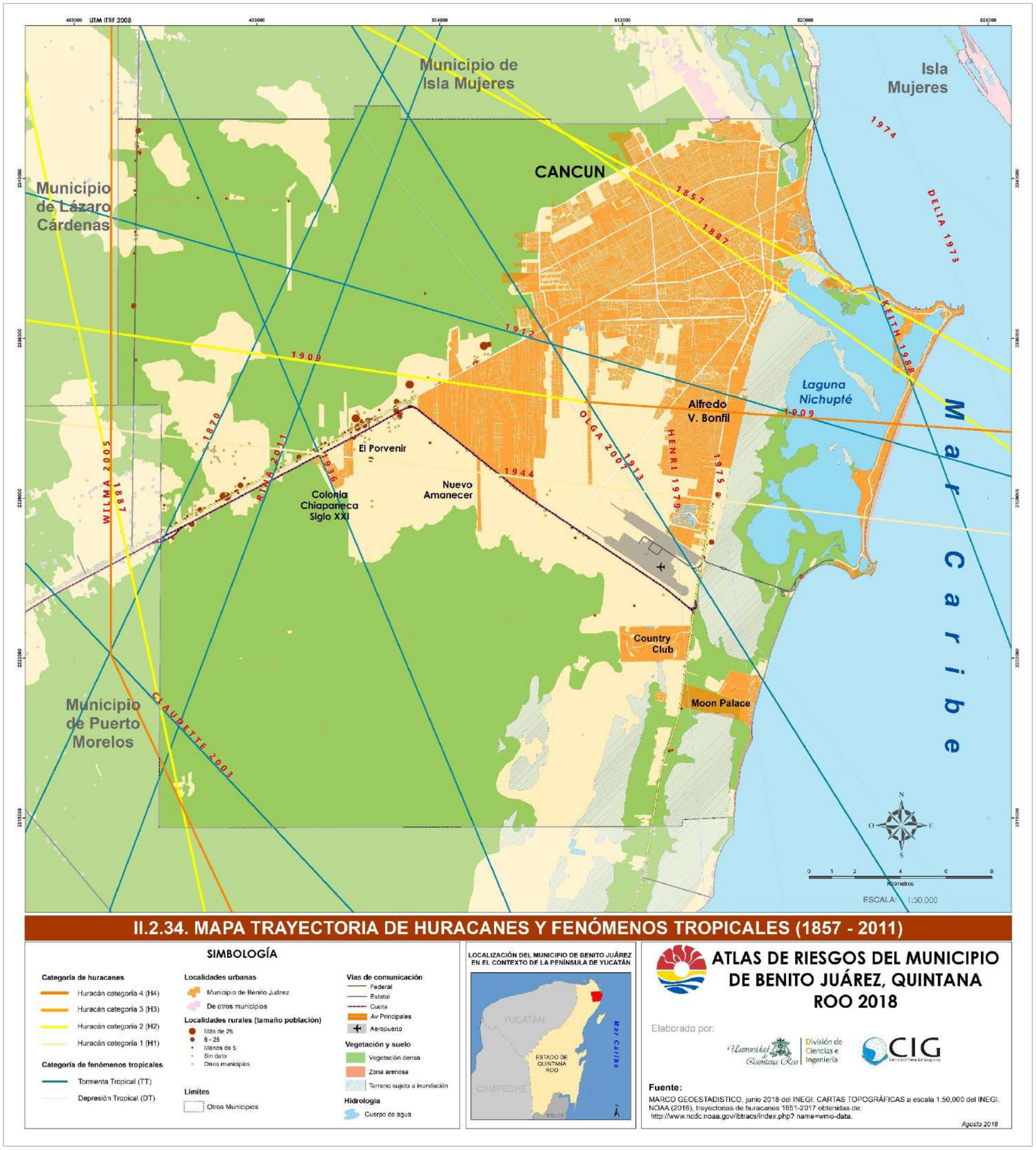
Asimismo, en el mapa II.2.34 se pueden observar siete Tormentas Tropicales (TT) como Keith (1988), que se desarrolló a partir de una onda tropical en el Mar Caribe el 17 de noviembre. Claudett (2003) y Rina (2011). La primera fue la tercera tormenta tropical de la temporada 2003 y la segunda, atravesó el municipio por su parte Oeste trayendo fuertes lluvias y ráfagas de viento antes de dar vuelta hacia el norte. Las restantes TT se presentaron en los años 1870, 1912, 1913 y 1936 (Tabla 102).

Las depresiones tropicales (DT), si bien sus vientos máximos solo alcanzan 62 km/h, muchas de las veces traen consigo abundantes precipitaciones, como las TT, que pueden causar grandes inundaciones en donde se presentan o ir evolucionando hasta alcanzar la categoría de huracán. Para el municipio de Benito Juárez son cinco DT que han afectado su territorio.

En 1973 la DT Delia, se originó a partir de una onda tropical que se formó sobre el Mar Caribe a finales de agosto, su trayectoria hacia el oeste-noroeste aumentó la actividad convectiva y mejoró la estructura general del sistema,

organizándose en una depresión tropical frente a la costa sureste de la Península de Yucatán el 1 de septiembre. La siguiente DT identificada es Henri en 1979, la cual causo algunas inundaciones tanto en México como en Estados Unidos. Y finalmente, en 2007, la depresión tropical Olga ha sido la última registrada para esta categoría. No obstante, ésta se formó después de finalizar la temporada de huracanes 2007, partiendo de un sistema de baja presión que se desarrolló al este noreste de las Antillas Menores.

Lentamente adquirió características tropicales, y más tarde el 10 de diciembre, el Centro Nacional de Huracanes declaró al sistema como Tormenta subtropical Olga localizándose justo al norte de Puerto Rico, para atravesar el municipio el 15 de diciembre, con vientos de 55.56 km/h y una presión barométrica de 1006 hPa (Tabla 102), haciendo de esta temporada una de pocas con actividad previa y posterior de los límites oficiales de la temporada de huracanes**.**



II.2.34. MAPA TRAYECTORIA DE HURACANES Y FENÓMENOS TROPICALES (1857 - 2011)

Metodología para estimar el peligro por ciclones tropicales

Para estimar el peligro por ciclones tropicales (huracanes) para el municipio de Benito Juárez, se generó una cuadrícula con celdas de 1.0 km por lado, y tomando las trayectorias históricas de huracanes se calculó el radio de vientos máximos sostenidos partiendo de la siguiente fórmula (CENAPRED, 2006):

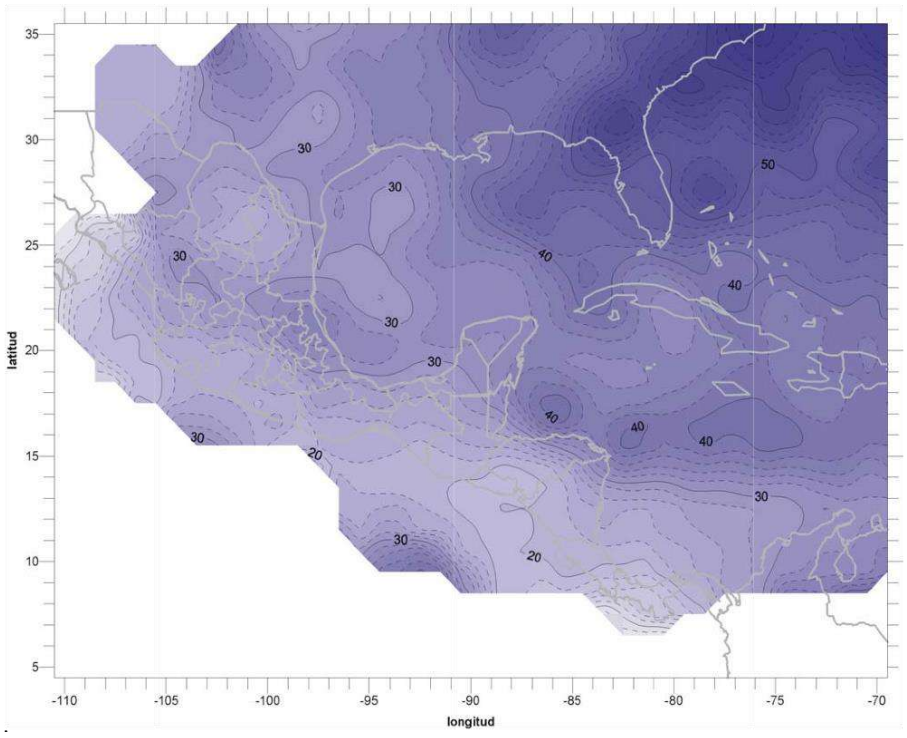
$$R = 0.0007e^{0.01156P_o}$$

Donde es la base del logaritmo natural (2.71828) y P*o* es la presión central registrada (mm). Adicionalmente se estimó la velocidad máxima de los vientos sostenidos partiendo de la fórmula (CENAPRED, 2006):

$$V_{max} = 20.1834(1013 - P_o)^{0.5} - 0.2618 sen\theta + 0.5V_d$$

Donde P_o es la presión central registrada (mm) y V_d la velocidad de desplazamiento del ciclón tropical (en km/h) y θ es la latitud en el centro del ciclón (en grados). La velocidad de desplazamiento se obtuvo del mapa II.2.35, Rosengaus, et al. (2002), propuesto en la metodología utilizada por CENAPRED (2006).

Figura 45. Máxima velocidad de traslación de los ciclones tropicales en el Atlántico



Fuente: Rosengaus, et al., 2002.

Utilizando el radio de vientos máximos sostenidos (R) se generó el área de influencia de cada trayectoria registrada durante 154 años, de 1857 a 2011. Cabe señalar, que si bien, son 154 años el periodo de estudio, solo se tomaron en cuenta las trayectorias que afectaron directamente al municipio.

Posteriormente se llevó a cabo el conteo del número de eventos de cada categoría, en cada una de las celdas de la malla de 1.0 x 1.0 km. De esta manera se determinó la tasa de excedencia utilizando la siguiente formula:

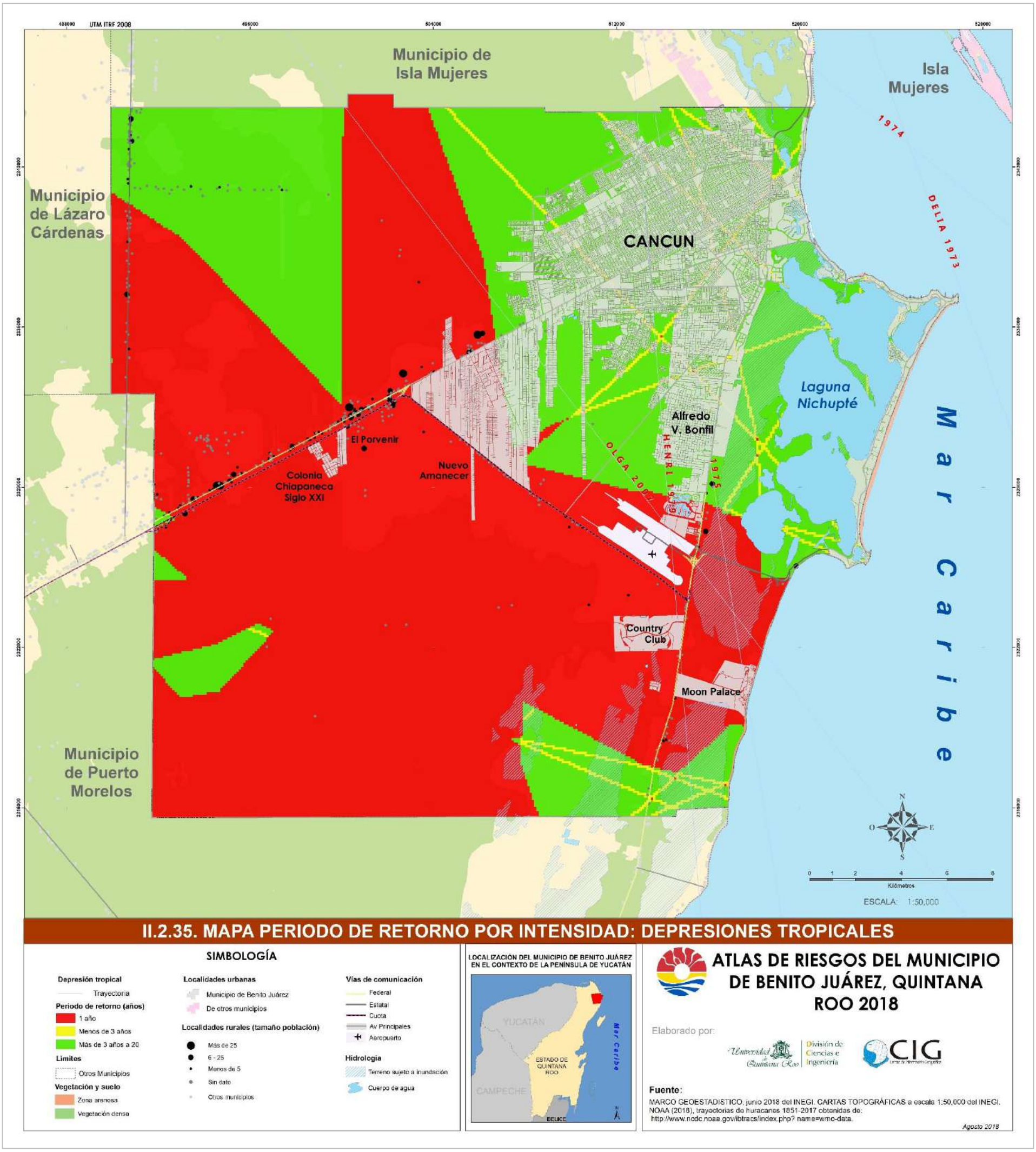
$$u_{(i)} = \sum_{j=0}^{N \quad i} (M_{N \quad j}) \qquad p(i) = -k\frac{du(i)}{di}$$

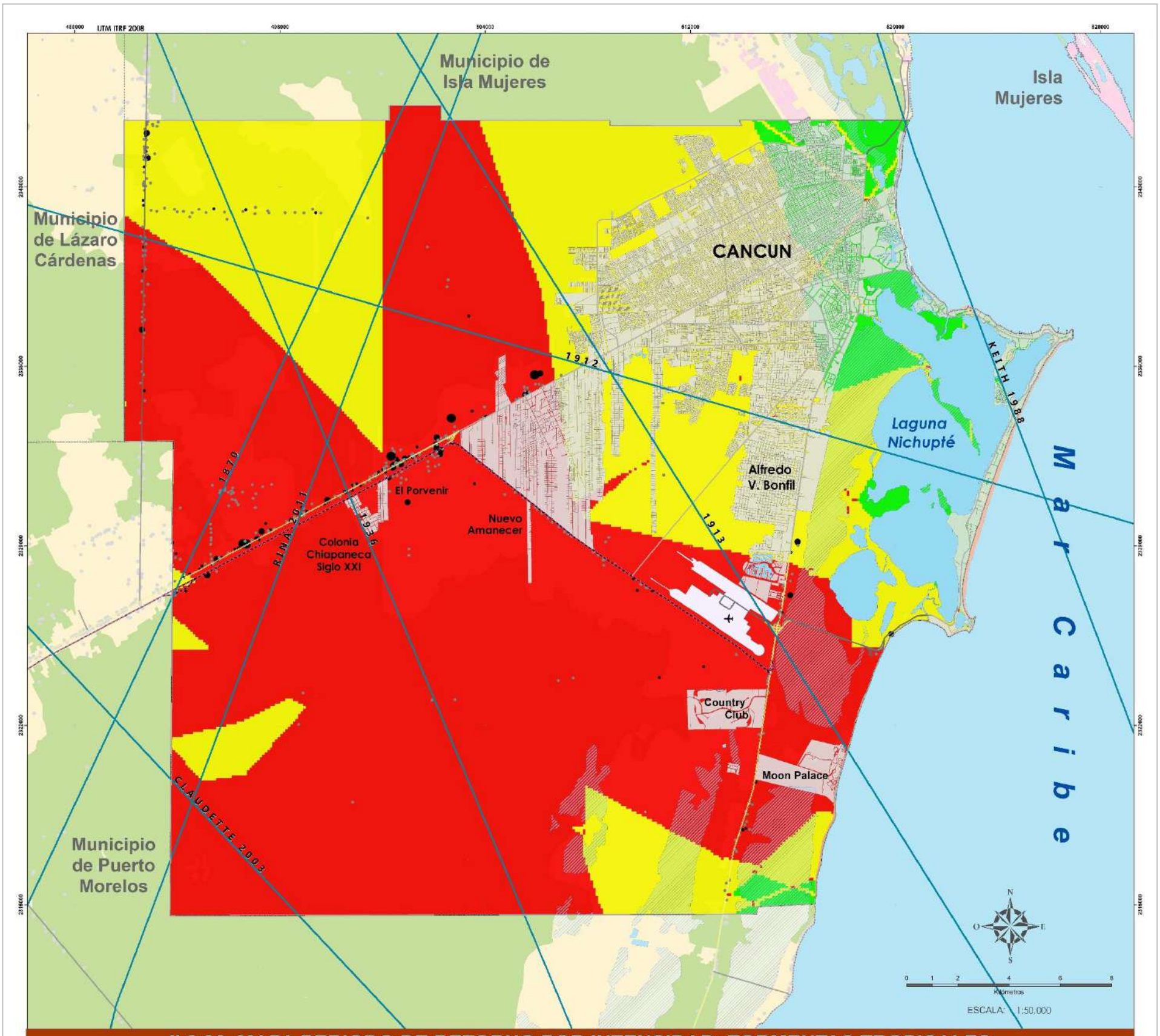
Donde N es el número de fenómenos registrados por tipo (DT, TT, H1...H5). El resultado se dividió por el periodo de registro que son 135 años para obtener la tasa de excedencia anual. Con este valor se estimaron las probabilidades de ocurrencia para cada tipo de evento.

También se estimaron los periodos de retorno, definidos estos, como el promedio de tiempo en que vuelve a ocurrir la excedencia de cierta intensidad *i*. Los cuales se obtuvieron a través de la siguiente ecuación:

$$Tr_i = \frac{1}{u(i)}$$

Los resultados se pueden observar en los mapas siguientes:


UTM ITRF 2008
Municipio de Isla Mujeres
Isla Mujeres
Municipio de Lázaro Cárdenas
CANCUN
1974
DELIA 1973
Laguna Nichupté
Alfredo V. Bonfil
El Porvenir
Nuevo Amanecer
Colonia Chiapaneca Siglo XXI
OLGA 2017
HENRI 1979
1975
Country Club
Moon Palace
Mar Caribe
Municipio de Puerto Morelos
N
O
E
S
0 1 2 4 6 8
Kilómetros
ESCALA: 1:50,000
II.2.35. MAPA PERIODO DE RETORNO POR INTENSIDAD: DEPRESIONES TROPICALES
SIMBOLOGÍA
Depresión tropical
Trayectoria
Periodo de retorno (años)
1 año
Menos de 3 años
Más de 3 años a 20
Límites
Otros Municipios
Vegetación y suelo
Zona arenosa
Vegetación densa
Localidades urbanas
Municipio de Benito Juárez
De otros municipios
Localidades rurales (tamaño población)
Más de 25
6 - 25
Menos de 5
Sin dato
Otros municipios
Vías de comunicación
Federal
Estatal
Cuota
Av Principales
Aeropuerto
Hidrología
Terreno sujeto a inundación
Cuerpo de agua
LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ EN EL CONTEXTO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN
YUCATÁN
ESTADO DE QUINTANA ROO
CAMPECHE
BELICE
Mar Caribe
ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO 2018
Elaborado por:
Universidad Quintana Roo
División de Ciencias e Ingeniería
CIG
Fuente:
MARCO GEOESTADISTICO, junio 2018 del INEGI. CARTAS TOPOGRÁFICAS a escala 1:50,000 del INEGI.
NOAA (2018), trayectorias de huracanes 1851-2017 obtenidas de:
http://www.ncdc.noaa.gov/ibtracs/index.php? name=wmo-data.
Agosto 2018



II.2.36. MAPA PERIODO DE RETORNO POR INTENSIDAD: TORMENTAS TROPICALES

SIMBOLOGÍA

Tormenta tropical
- Trayectoria

Periodo de retorno (años)
- 2 años
- Menos de 5 años
- Más de 5 años a 26

Límites
- Otros Municipios

Vegetación y suelo
- Zona arenosa
- Vegetación densa

Localidades urbanas
- Municipio de Benito Juárez
- De otros municipios

Localidades rurales (tamaño población)
- Más de 25
- 6 - 25
- Menos de 5
- Sin dato
- Otros municipios

Vías de comunicación
- Federal
- Estatal
- Cuota
- Av Principales
- Aeropuerto

Hidrología
- Terreno sujeto a inundación
- Cuerpo de agua

LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ EN EL CONTEXTO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN



ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO 2018

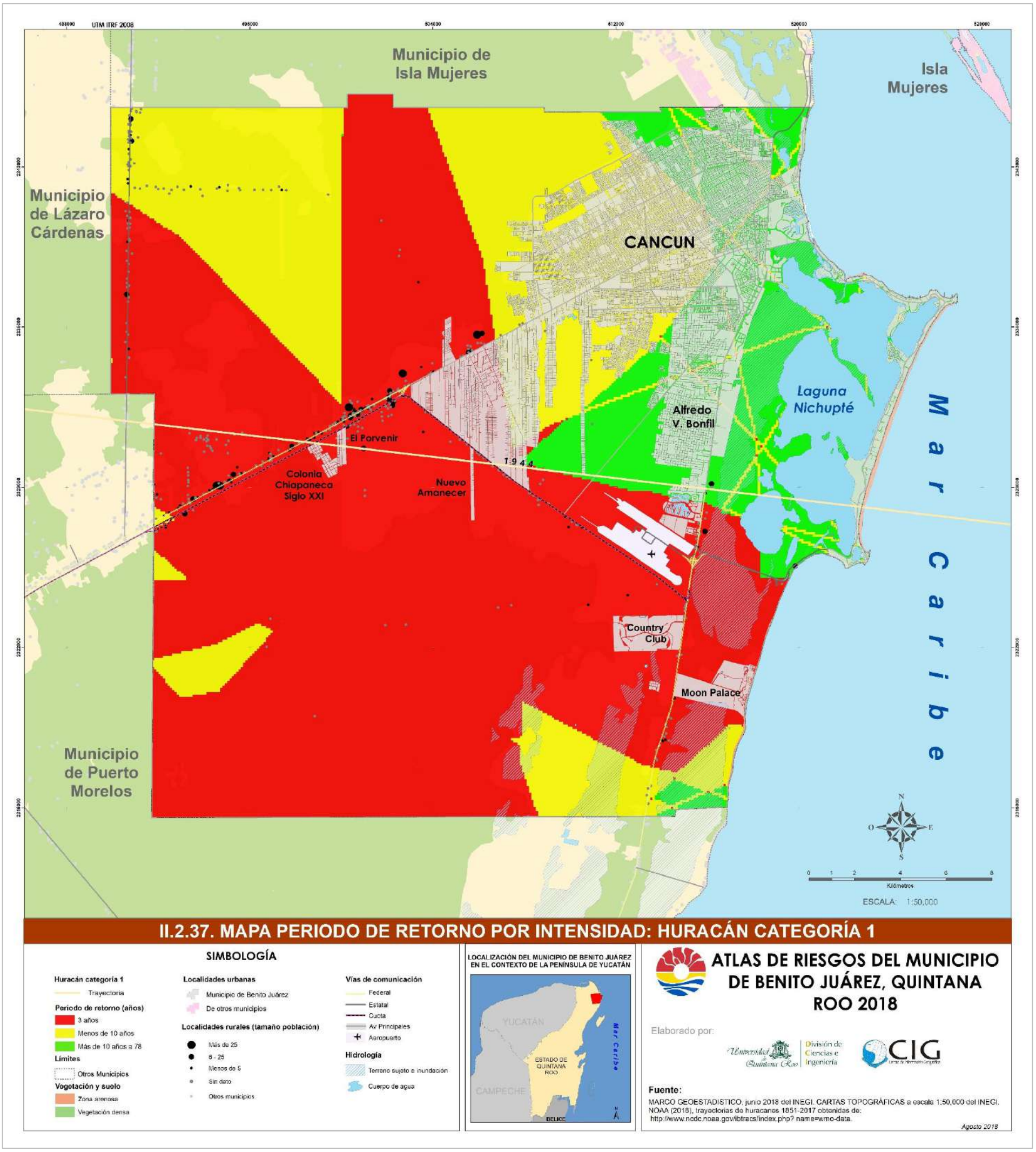
Elaborado por:

Universidad de Quintana Roo | División de Ciencias e Ingeniería | CIG

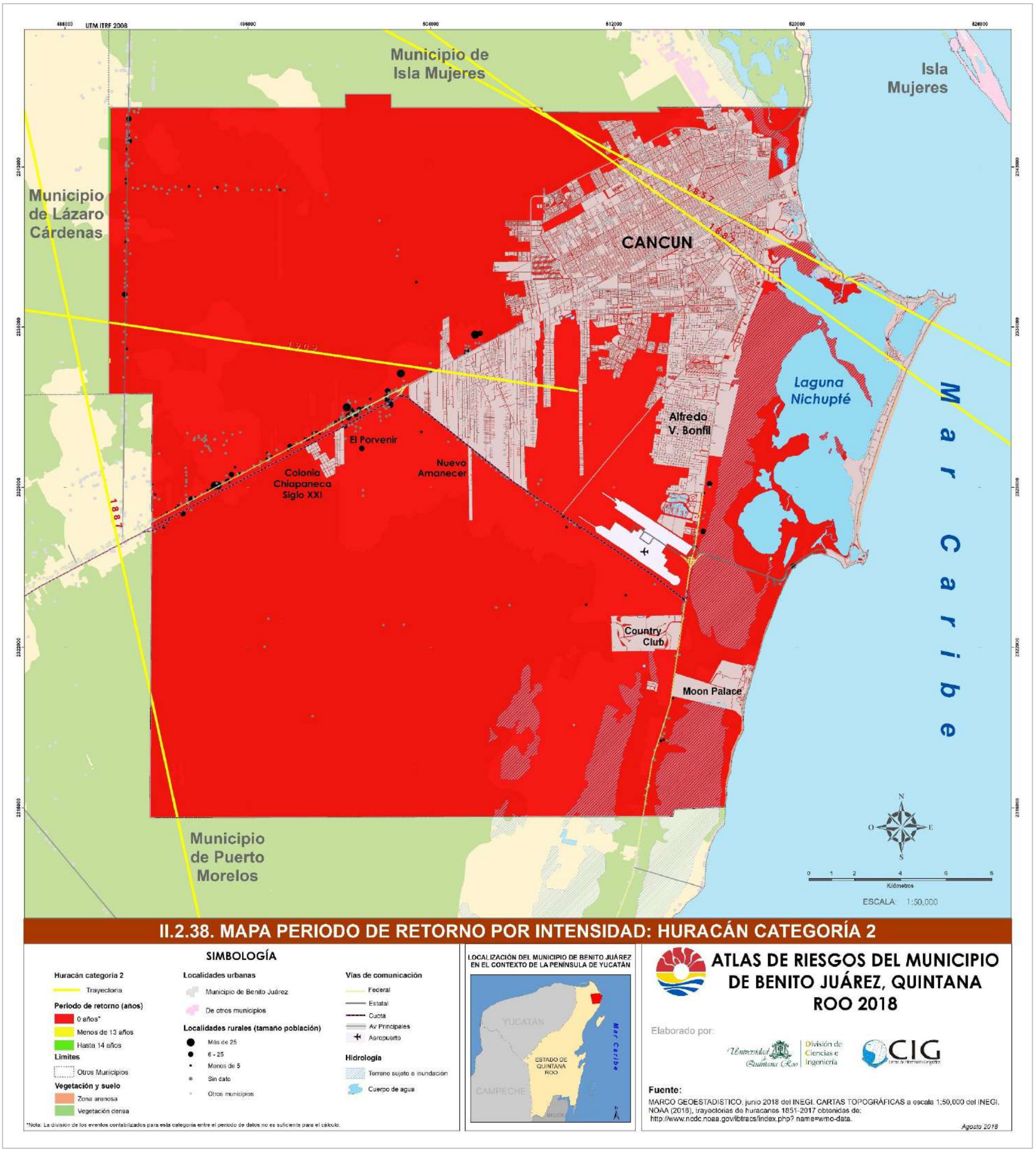
Fuente:

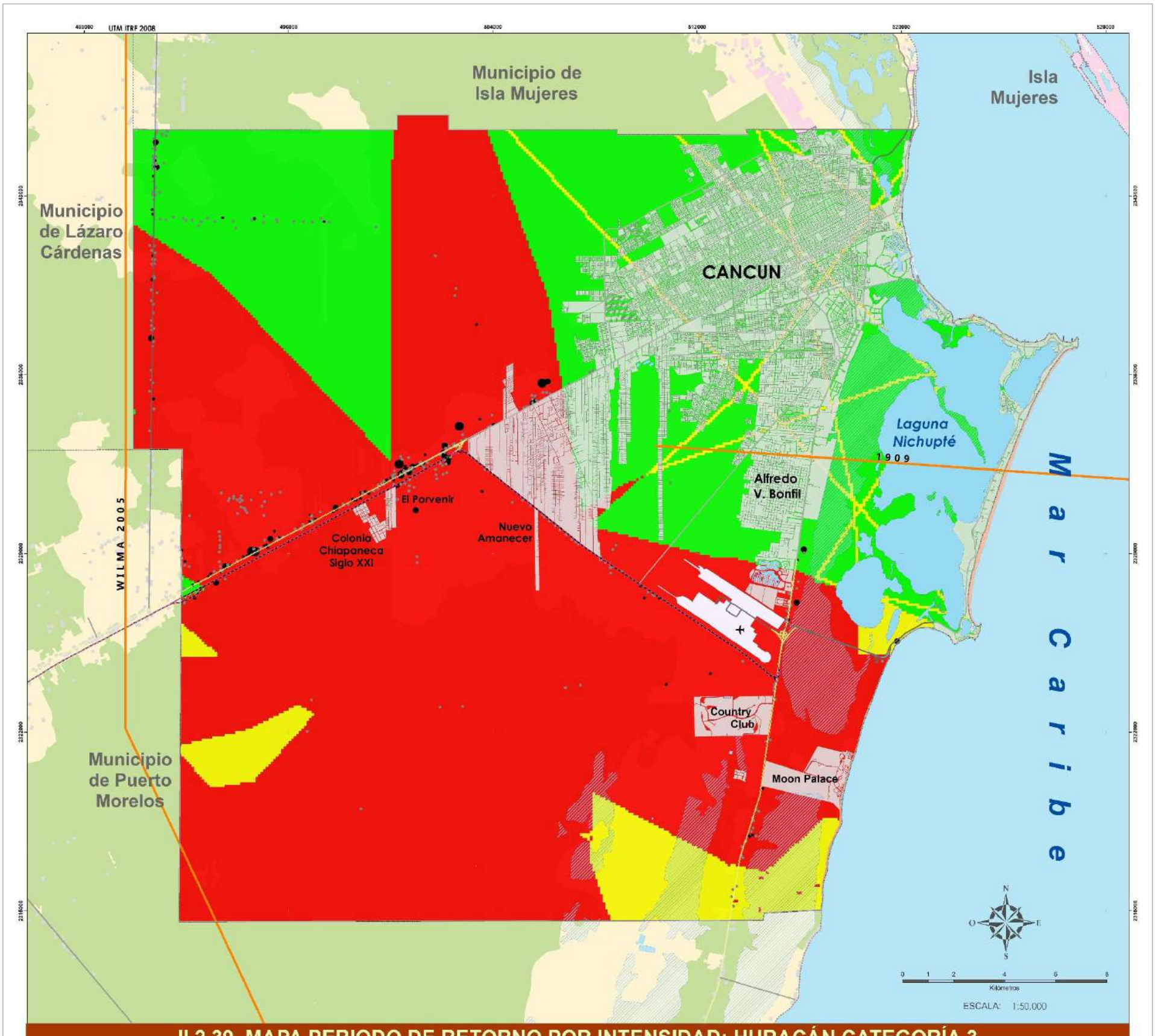
MARCO GEOESTADISTICO, junio 2018 del INEGI. CARTAS TOPOGRÁFICAS a escala 1:50,000 del INEGI. NOAA (2018), trayectorias de huracanes 1851-2017 obtenidas de: http://www.ncdc.noaa.gov/ibtracs/index.php? name=wmo-data.

Agosto 2018



II.2.37. MAPA PERIODO DE RETORNO POR INTENSIDAD: HURACÁN CATEGORÍA 1


UTM ITRF 2008
Municipio de Isla Mujeres
Isla Mujeres
Municipio de Lázaro Cárdenas
CANCUN
1957
1909
1887
Laguna Nichupté
Alfredo V. Bonfil
El Porvenir
Nuevo Amanecer
Colonia Chiapaneca Siglo XXI
Country Club
Moon Palace
Mar Caribe
Municipio de Puerto Morelos
N
O
E
S
0 1 2 4 6 8
Kilómetros
ESCALA: 1:50,000
II.2.38. MAPA PERIODO DE RETORNO POR INTENSIDAD: HURACÁN CATEGORÍA 2
SIMBOLOGÍA
Huracán categoría 2
Trayectoria
Periodo de retorno (años)
0 años*
Menos de 13 años
Hasta 14 años
Límites
Otros Municipios
Vegetación y suelo
Zona arenosa
Vegetación densa
Localidades urbanas
Municipio de Benito Juárez
De otros municipios
Localidades rurales (tamaño población)
Más de 25
6 - 25
Menos de 5
Sin dato
Otros municipios
Vías de comunicación
Federal
Estatal
Cuota
Av Principales
Aeropuerto
Hidrología
Terreno sujeto a inundación
Cuerpo de agua
*Nota: La división de los eventos contabilizados para esta categoría entre el periodo de datos no es suficiente para el cálculo.
LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ EN EL CONTEXTO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN
YUCATÁN
ESTADO DE QUINTANA ROO
CAMPECHE
Mar Caribe
ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO 2018
Elaborado por:
Universidad Quintana Roo
División de Ciencias e Ingeniería
CIG
Fuente:
MARCO GEOESTADISTICO, junio 2018 del INEGI. CARTAS TOPOGRÁFICAS a escala 1:50,000 del INEGI.
NOAA (2018), trayectorias de huracanes 1851-2017 obtenidas de:
http://www.ncdc.noaa.gov/ibtracs/index.php? name=wmo-data.
Agosto 2018



II.2.39. MAPA PERIODO DE RETORNO POR INTENSIDAD: HURACÁN CATEGORÍA 3

SIMBOLOGÍA

Huracán categoría 3
- Trayectoria

Período de retorno (años)
- 15 años
- Menos de 50 años
- Más de 50 años a 156

Límites
- Otros Municipios

Vegetación y suelo
- Zona arenosa
- Vegetación densa

Localidades urbanas
- Municipio de Benito Juárez
- De otros municipios

Localidades rurales (tamaño población)
- Más de 25
- 6 - 25
- Menos de 5
- Sin dato
- Otros municipios

Vías de comunicación
- Federal
- Estatal
- Cuota
- Av Principales
- Aeropuerto

Hidrología
- Terreno sujeto a inundación
- Cuerpo de agua

LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ EN EL CONTEXTO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN



ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO 2018

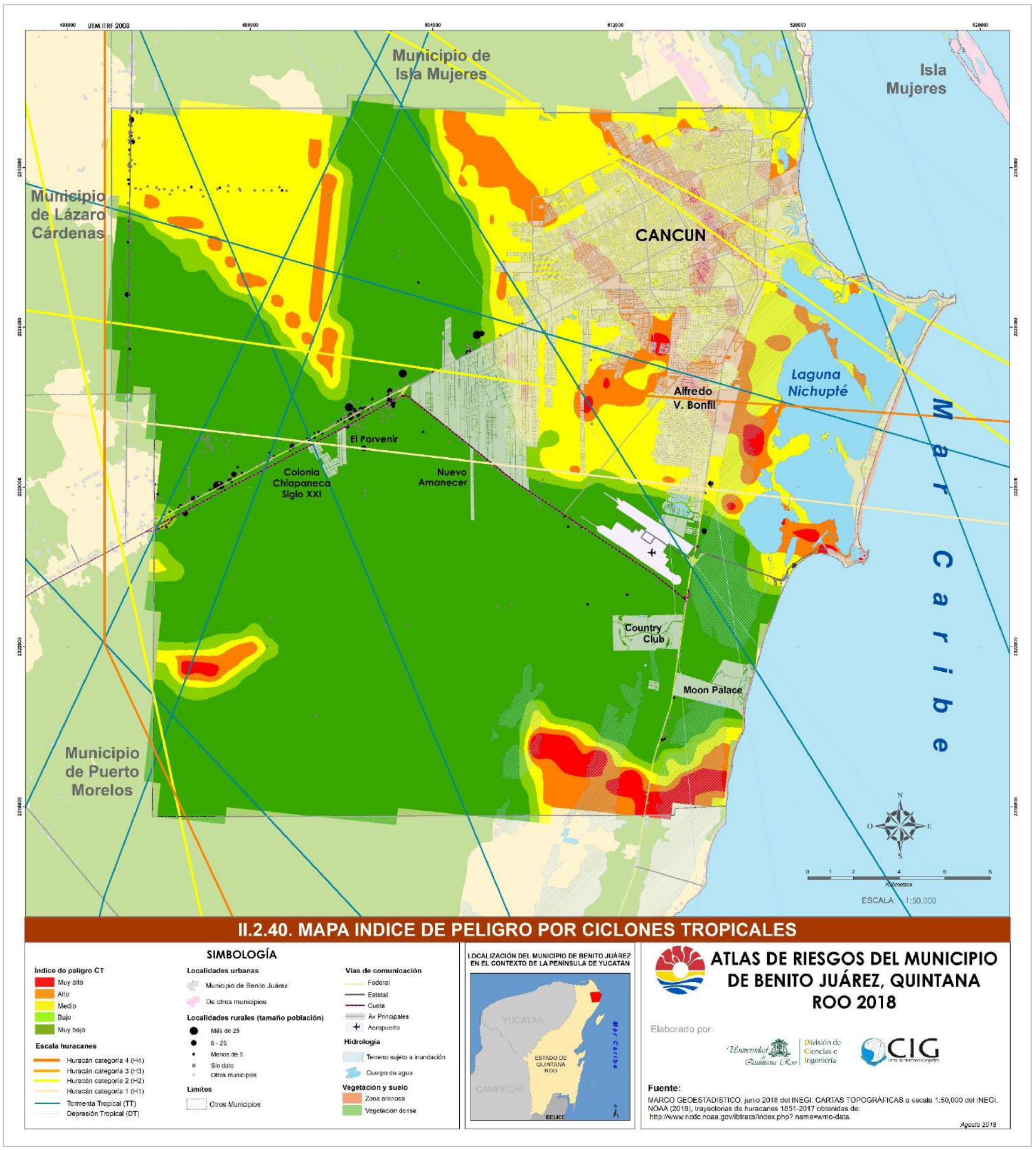
Elaborado por:

Universidad de Quintana Roo | División de Ciencias e Ingeniería | CIG

Fuente:

MARCO GEOESTADISTICO, junio 2018 del INEGI. CARTAS TOPOGRÁFICAS a escala 1:50,000 del INEGI. NOAA (2018), trayectorias de huracanes 1851-2017 obtenidas de: http://www.ncdc.noaa.gov/ibtracs/index.php?.name=wmo-data.

Agosto 2018



Una vez realizada la evaluación del índice de peligro se procedió a clasificarlo y obtener el grado de peligro. Para su representación gráfica se utilizó el método *Natural Break*s de clasificación con cinco categorías de peligro: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto.

Finalmente, y de acuerdo con el análisis de peligro por ciclones tropicales, en el mapa II.2.40 se muestra la escala de peligro para el municipio de Benito Juárez. Se observan cuatro zonas, dos pequeñas al sur del municipio, pero con peligro muy alto de acuerdo con la categoría de fenómenos que han impactado esa parte del territorio y los análisis de geoproceso aplicado. No obstante, que no existen poblaciones afectadas.

En las dos zonas mayores identificadas al norte del municipio (Mapa II.2.40), sobresale una zona muy grande sobre la ciudad de Cancún, donde la categoría de peligro va desde muy alto a medio. La otra zona al noreste del municipio abarca una extensión considerable y las poblaciones vulnerables que podrían verse afectadas son en su mayoría población rural.

Marea de tormenta

Uno de los efectos de los vientos de un ciclón tropical es la marea de tormenta, que es el ascenso del nivel medio del mar sobre una región del océano. Este levantamiento tiene la apariencia de un domo de agua, agregado a la superficie habitual del mar. Esta marea puede durar de 12 h a 3 días y causar inundaciones en las zonas bajas de la costa, y oleaje que impacte sobre las construcciones cercanas al mar, así como la remoción de la arena de las playas. En aguas profundas la marea de tormenta representa un ascenso de un centímetro por cada milibar de descenso en la presión atmosférica. En zonas más próximas a la costa, donde la profundidad del suelo marino es menor a 200 metros, la marea de tormenta puede ser mayor a un metro.

La forma de la línea de costa es importante debido a que de ello depende la cantidad de agua que se acumule. La sobreelevación del nivel medio del mar será mayor si ocurre en las bahías, ya que dentro de su contorno no se permite que el agua fluya hacia los extremos. De igual manera, el ángulo que forman los vientos de un ciclón tropical y la línea de costa modifican la altitud de las olas de marea de tormenta. Cuando estos vientos son perpendiculares a la costa aportan mayor cantidad de energía acumulando mayor cantidad de agua.

El CENAPRED (2014) propone el uso de un método simplificado para el cálculo de la marea de tormenta con base en el análisis de mediciones sobre elevaciones de la marea de tormenta de algunos ciclones tropicales, y de expresiones empíricas propuestas en Estados Unidos y en Japón, la formula empírica para estimar este valor es la siguiente.

$$h = (0.003R + 0.000119V^2 - 1.4421)F$$

Donde *V* es la velocidad sostenida máxima de los vientos, *F* es el factor de corrección calculado a partir del ángulo y dirección de los vientos, y *R* es el radio de los vientos máximos sostenidos calculados a partir de la siguiente expresión

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

Po: Es la presión barométrica registrada.

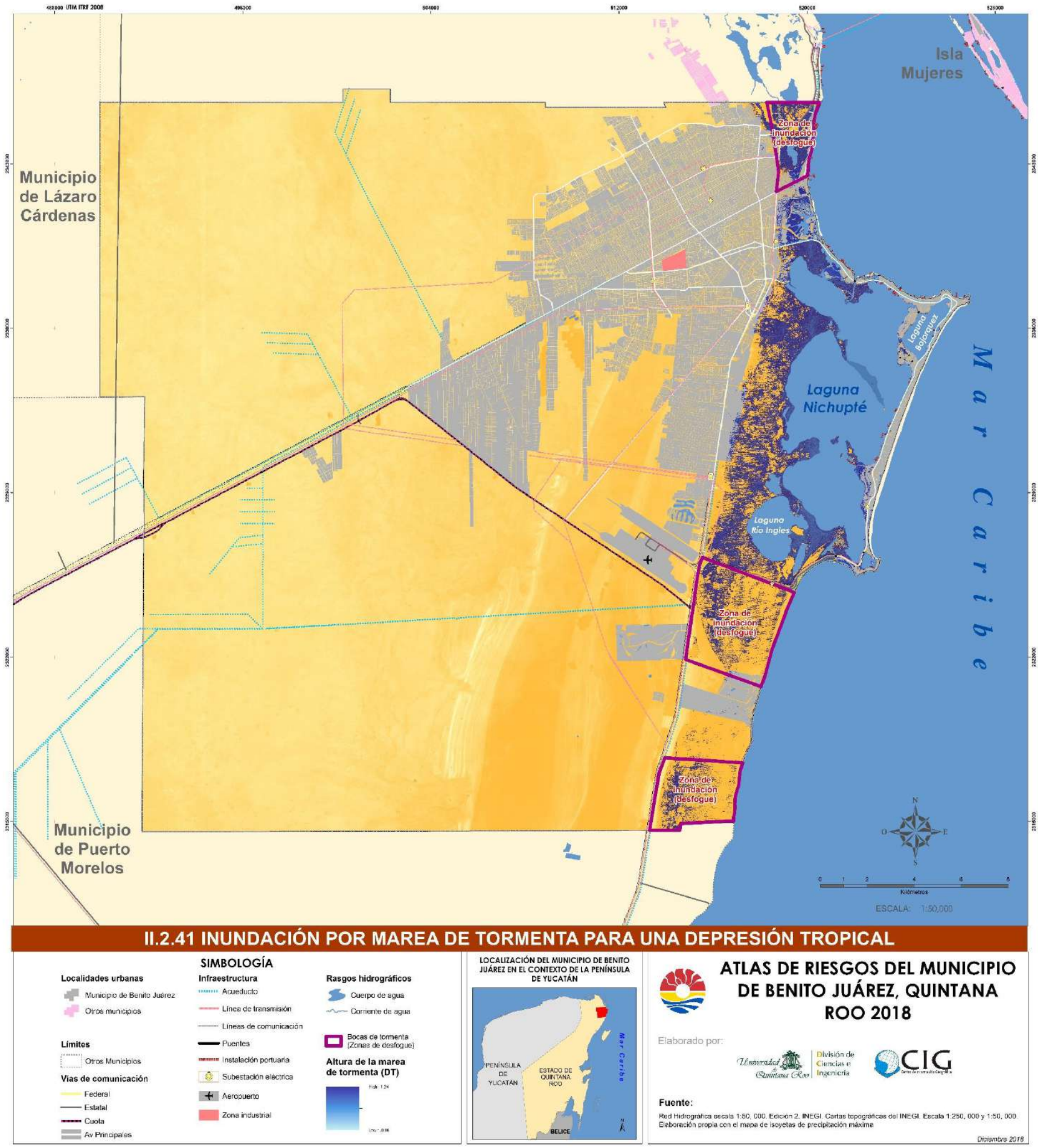
Para estimar el peligro por marea de tormenta en el municipio de Benito Juárez se calcularon los valores de marea de tormenta para 63 ciclones tropicales, que se han presentado cercanos a la costa del municipio desde 1882 a 2018, de los cuales se tiene registro de la presión atmosférica y la velocidad del viento. El factor correctivo (*F*) utilizado en el caso del municipio de Benito Juárez fue de 1. El promedio de los valores de marea de tormenta por cada categoría de ciclón tropical se señala en la tabla 103.

Tabla 103. Alturas promedio de la marea de tormenta en la costa de Benito Juárez.

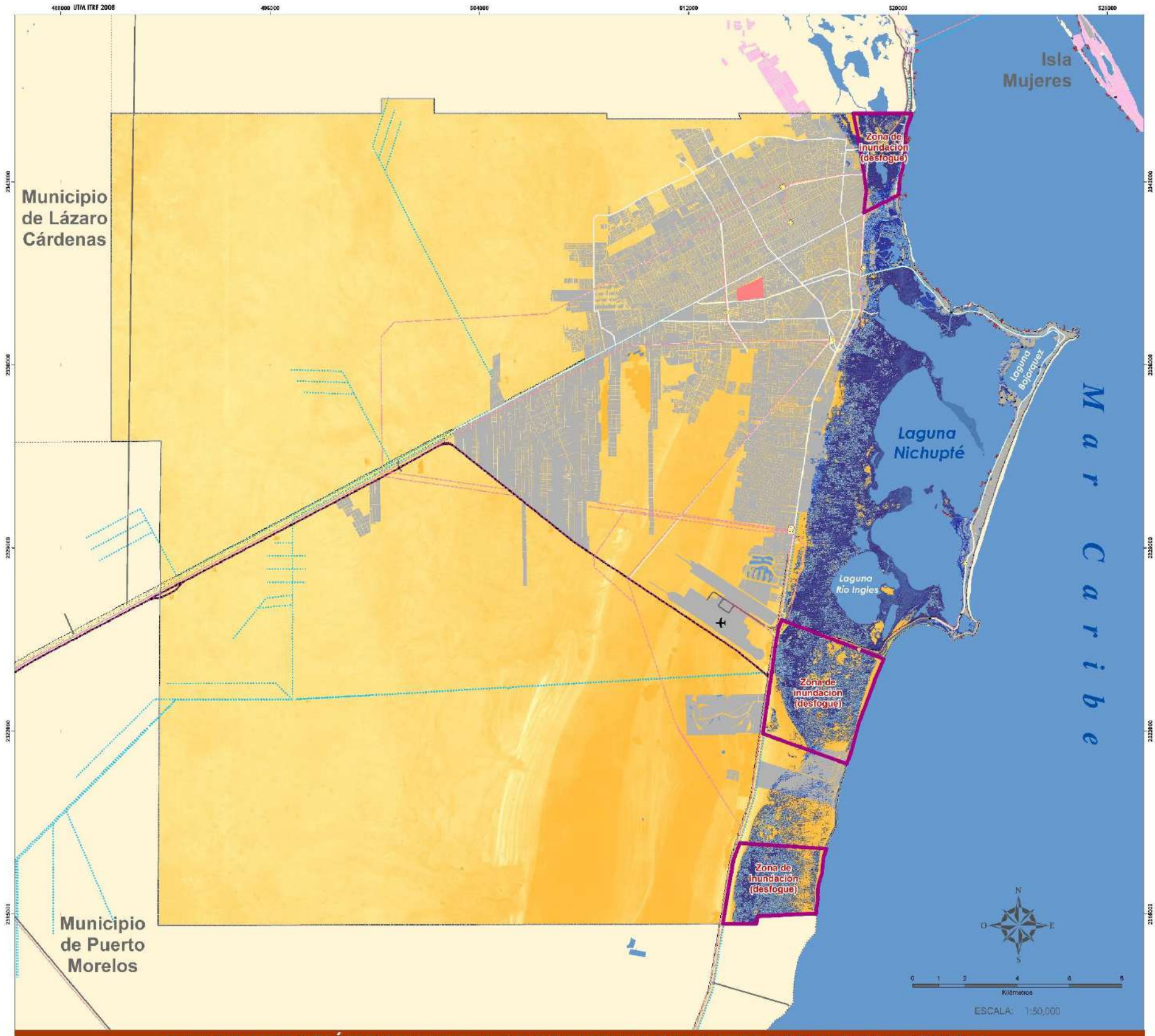
Categoría	Altura de la marea de tormenta
Depresión tropical	1.24
Tormenta tropical	1.74
H 1	2.59
H 2	3.26
H 3	4.23
H 4	5.82
H 5	8.04

Fuente: Elaboración propia.

Con estos resultados se extrajo del modelo digital del terreno todos aquellos pixeles con valores de altitud igual o menor a los valores de altitud de la marea de tormenta promedio para cada tipo de evento, las zonas afectadas por marea de tormenta por cada categoría pueden observarse en los mapas II.2.41 al II.2.47. En estos mapas se han señalado tres zonas naturales de desfogue de agua (Puerto Juárez, sur de Laguna NIchupté y límite con municipio de Puerto Morelos). Estas zonas se encuentran obstruidas actualmente por la infraestructura construida y pueden generar afectaciones a las construcciones existentes.



II.2.41 INUNDACIÓN POR MAREA DE TORMENTA PARA UNA DEPRESIÓN TROPICAL



II.2.42 INUNDACIÓN POR MAREA DE TORMENTA PARA UNA TORMENTA TROPICAL

SIMBOLOGÍA

Localidades urbanas
- Municipio de Benito Juárez
- Otros municipios

Límites
- Otros Municipios

Vías de comunicación
- Federal
- Estatal
- Cuota
- Av Principales

Infraestructura
- Acueducto
- Línea de transmisión
- Líneas de comunicación
- Puentes
- Instalación portuaria
- Subestación eléctrica
- Aeropuerto
- Zona industrial

Rasgos hidrográficos
- Cuerpo de agua
- Corriente de agua
- Bocas de tormenta (Zonas de desfogue)

Altura de la marea de tormenta (TT)

LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ EN EL CONTEXTO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN



ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO 2018

Elaborado por:

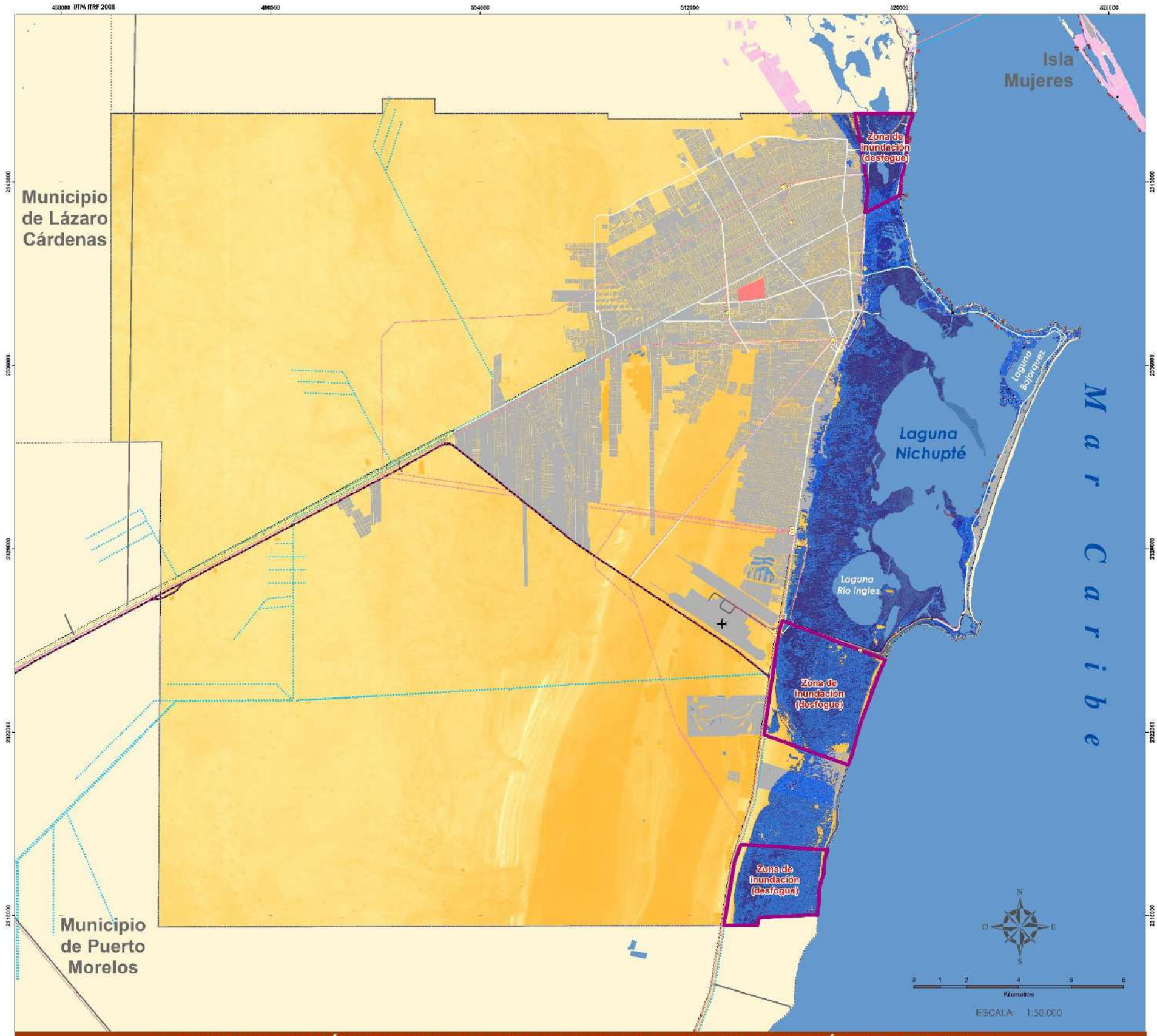
Universidad de Quintana Roo | División de Ciencias e Ingeniería

CIG

Fuente:

Red Hidrográfica escala 1:50, 000. Edición 2. INEGI. Cartas topográficas del INEGI. Escala 1:250, 000 y 1:50, 000. Elaboración propia con el mapa de isoyetas de precipitación máxima

Diciembre 2018



II.2.43 INUNDACIÓN POR MAREA DE TORMENTA PARA UN HURACÁN CATEGORIA 1

SIMBOLOGÍA

Localidades urbanas
- Municipio de Benito Juárez
- Otros municipios

Límites
- Otros Municipios

Vías de comunicación
- Federal
- Estatal
- Cuota
- Av Principales

Infraestructura
- Acueducto
- Línea de transmisión
- Líneas de comunicación
- Puentes
- Instalación portuaria
- Subestación eléctrica
- Aeropuerto
- Zona industrial

Rasgos hidrográficos
- Cuerpo de agua
- Corriente de agua
- Bocas de tormenta (Zonas de desfogue)

Altura de la marea de tormenta (H1)



ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO 2018

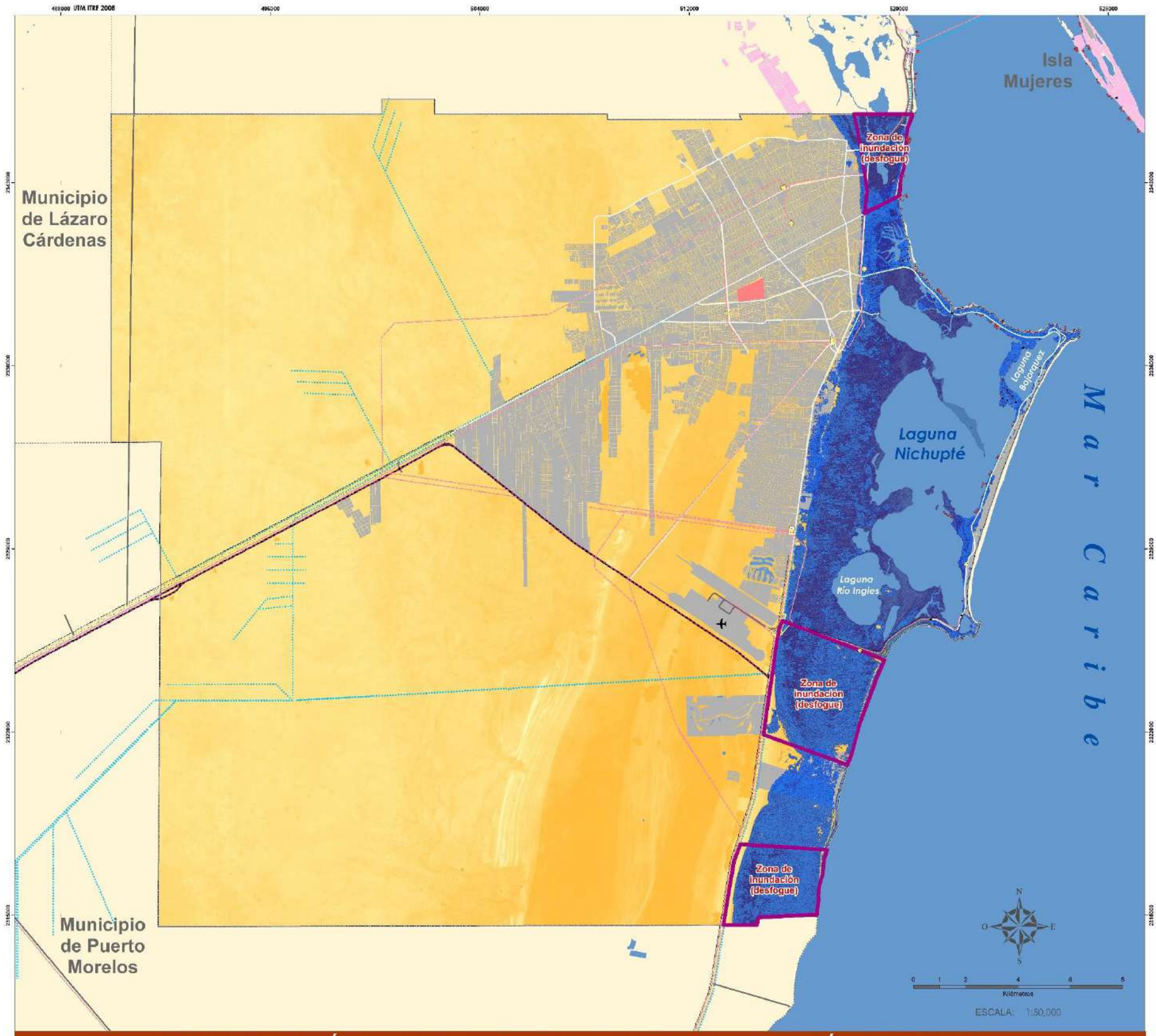
Elaborado por:

Universidad de Quintana Roo | División de Ciencias e Ingeniería | CIG

Fuente:

Red Hidrográfica escala 1:50, 000. Edición 2. INEGI. Cartas topográficas del INEGI. Escala 1:250, 000 y 1:50, 000. Elaboración propia con el mapa de isoyetas de precipitación máxima

Diciembre 2018



II.2.44 INUNDACIÓN POR MAREA DE TORMENTA PARA UN HURACÁN CATEGORIA 2

SIMBOLOGÍA

Localidades urbanas
- Municipio de Benito Juárez
- Otros municipios

Límites
- Otros Municipios

Vías de comunicación
- Federal
- Estatal
- Cuota
- Av Principales

Infraestructura
- Acueducto
- Línea de transmisión
- Líneas de comunicación
- Puentes
- Instalación portuaria
- Subestación eléctrica
- Aeropuerto
- Zona industrial

Rasgos hidrográficos
- Cuerpo de agua
- Corriente de agua
- Bocas de tormenta (Zonas de desfogue)

Altura de la marea de tormenta (H2)

LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ EN EL CONTEXTO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN



ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO 2018

Elaborado por:

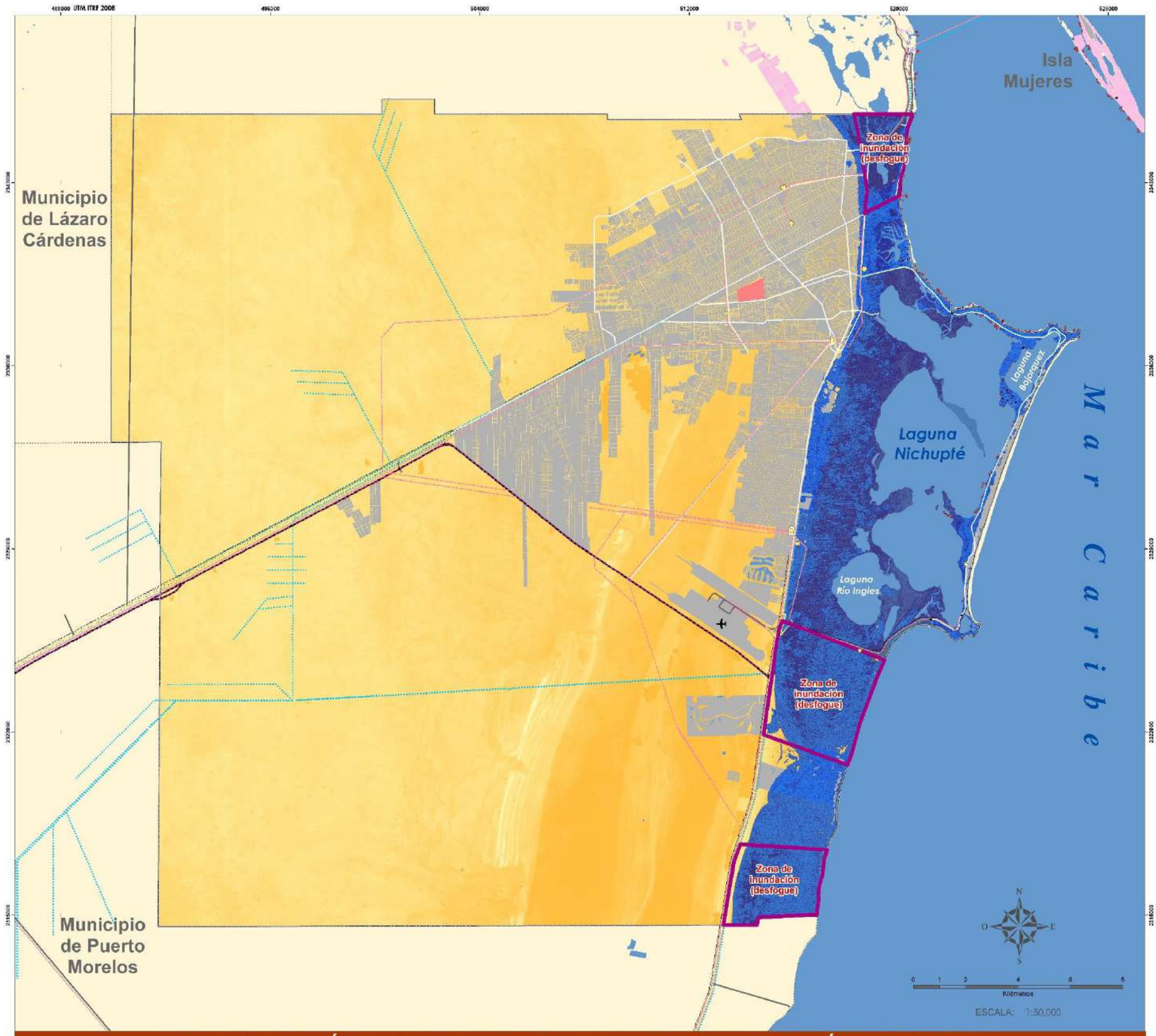
Universidad de Quintana Roo | División de Ciencias e Ingeniería

CIG

Fuente:

Red Hidrográfica escala 1:50, 000. Edición 2. INEGI. Cartas topográficas del INEGI. Escala 1:250, 000 y 1:50, 000. Elaboración propia con el mapa de isoyetas de precipitación máxima

Diciembre 2018



II.2.45 INUNDACIÓN POR MAREA DE TORMENTA PARA UN HURACÁN CATEGORIA 3

SIMBOLOGÍA

Localidades urbanas
- Municipio de Benito Juárez
- Otros municipios

Límites
- Otros Municipios

Vías de comunicación
- Federal
- Estatal
- Cuota
- Av Principales

Infraestructura
- Acueducto
- Línea de transmisión
- Líneas de comunicación
- Puentes
- Instalación portuaria
- Subestación eléctrica
- Aeropuerto
- Zona industrial

Rasgos hidrográficos
- Cuerpo de agua
- Corriente de agua
- Bocas de tormenta (Zonas de desfogue)

Altura de la marea de tormenta (H3)

LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ EN EL CONTEXTO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN



ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO 2018

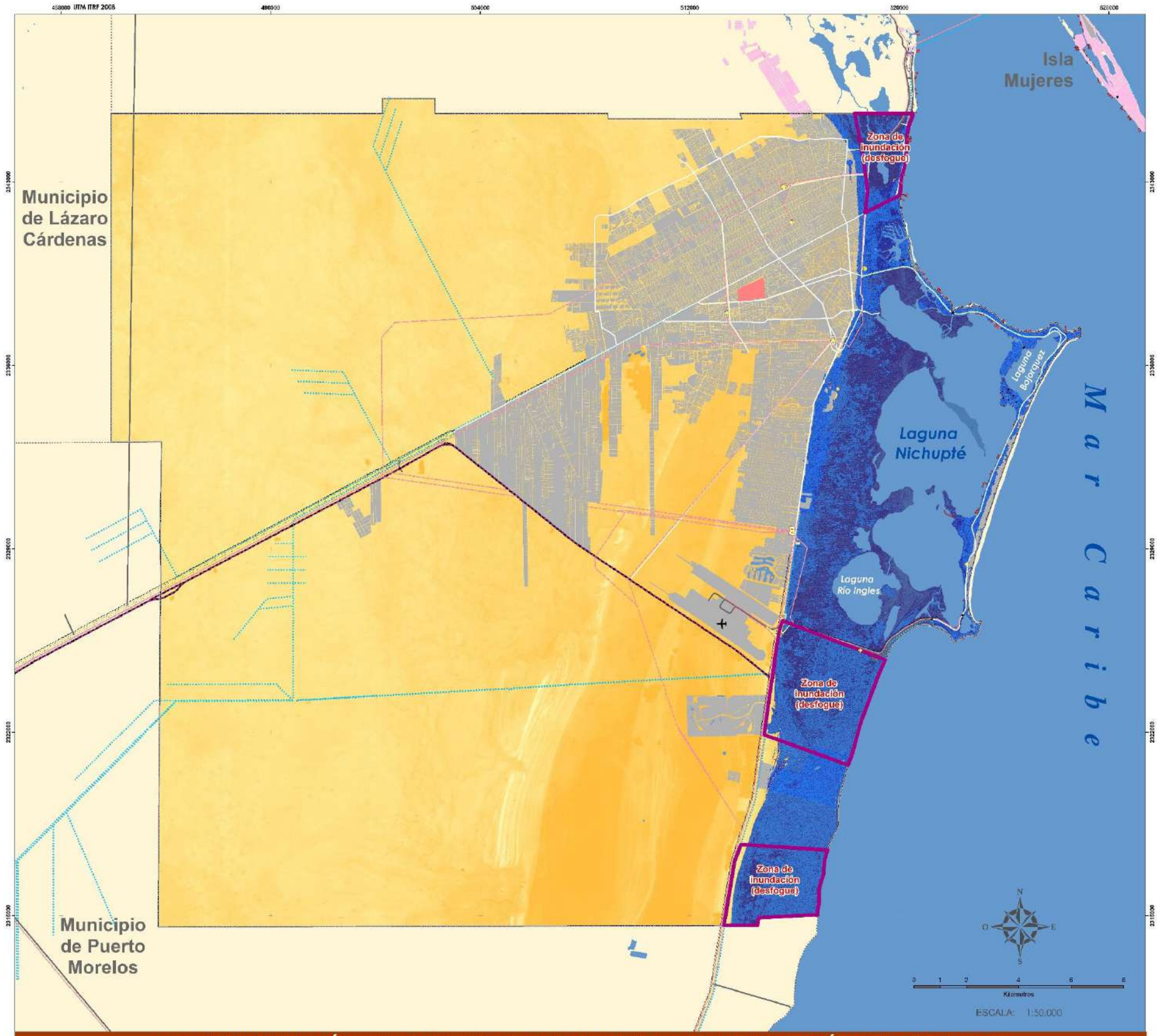
Elaborado por:

Universidad de Quintana Roo | División de Ciencias e Ingeniería — CIG

Fuente:

Red Hidrográfica escala 1:50, 000. Edición 2. INEGI. Cartas topográficas del INEGI. Escala 1:250, 000 y 1:50, 000. Elaboración propia con el mapa de isoyetas de precipitación máxima

Diciembre 2018



II.2.46 INUNDACIÓN POR MAREA DE TORMENTA PARA UN HURACÁN CATEGORIA 4

SIMBOLOGÍA

Localidades urbanas
- Municipio de Benito Juárez
- Otros municipios

Límites
- Otros Municipios

Vías de comunicación
- Federal
- Estatal
- Cuota
- Av Principales

Infraestructura
- Acueducto
- Línea de transmisión
- Líneas de comunicación
- Puentes
- Instalación portuaria
- Subestación eléctrica
- Aeropuerto
- Zona industrial

Rasgos hidrográficos
- Cuerpo de agua
- Corriente de agua
- Bocas de tormenta (Zonas de desfogue)

Altura de la marea de tormenta (H4)



ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO 2018

Elaborado por:

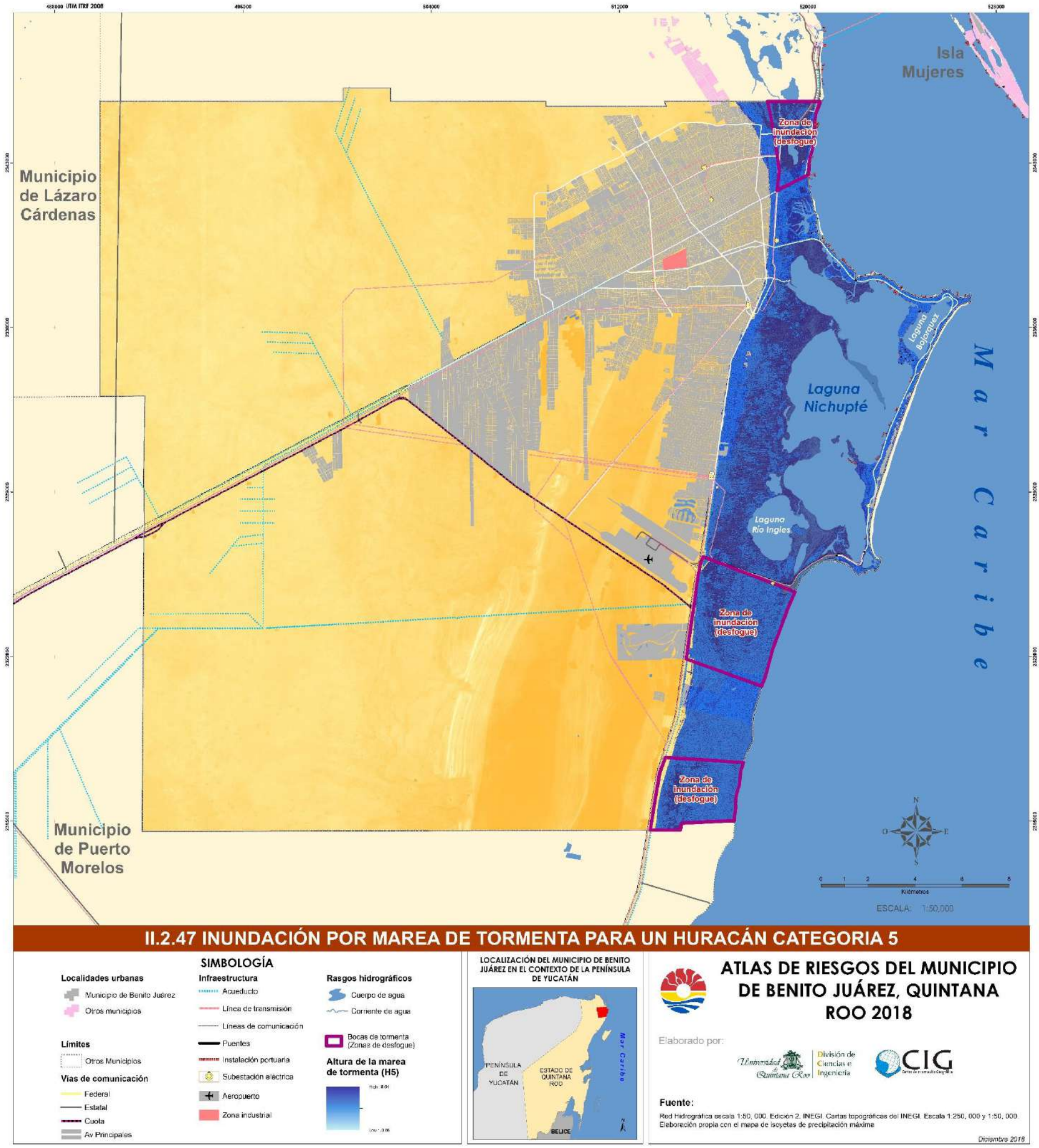
Universidad de Quintana Roo | División de Ciencias e Ingeniería

CIG Centro de Información Geográfica

Fuente:

Red Hidrográfica escala 1:50, 000. Edición 2. INEGI. Cartas topográficas del INEGI. Escala 1:250, 000 y 1:50, 000. Elaboración propia con el mapa de isoyetas de precipitación máxima

Diciembre 2018



Tornados

La formación de las nubes y de las precipitaciones en la atmósfera resulta, lo más frecuentemente, de los movimientos verticales. Se hacen visibles por la formación de nubes, pudiéndose producir igualmente los movimientos verticales en ausencia de nubes.

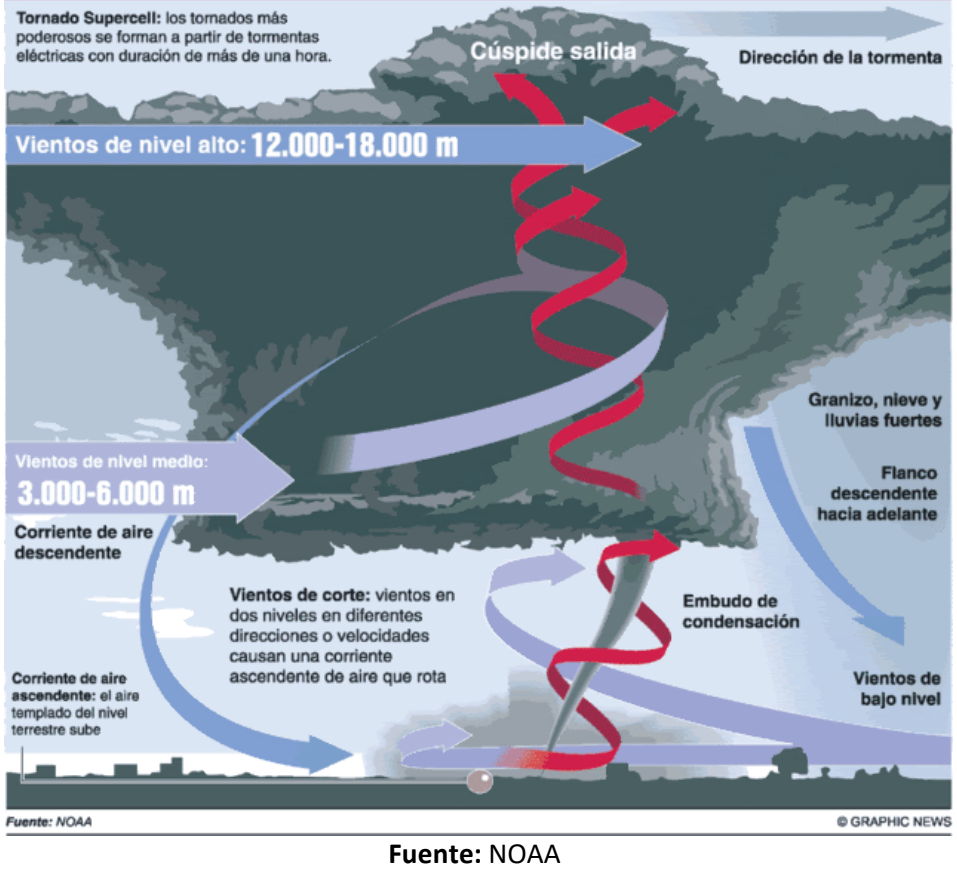
Los movimientos verticales en la atmósfera son menores que los movimientos horizontales, sin embargo, si están bien desarrollados o extendidos, pueden tener efectos importantes. Los movimientos verticales son la causa de diversos fenómenos meteorológicos.

Cuando se habla de estabilidad o inestabilidad atmosférica se está hablando de "*la capacidad que tiene un entorno atmosférico para modificar su estado en virtud de una fuerza exterior que podemos llamar forzamiento*". Existen diversas situaciones en las que el aire se ve forzado a ascender creando situaciones de inestabilidad atmosférica.

El tornado es un fenómeno meteorológico que se produce a raíz de una rotación de aire de gran intensidad y de poca extensión horizontal, que se prolonga desde la base de una nube madre, conocida como *Cumulunimbus*. La base de esta nube se encuentra a altitudes por debajo de los 2 Km y se caracteriza por su gran desarrollo vertical, en donde su tope alcanza aproximadamente los 10 Km de altura hasta la superficie de la tierra o cerca de ella.

Los tornados son resultado de la confluencia de dos masas de aire de diferente temperatura y humedad, con aire cálido en las capas inferiores y frío en las superiores (figura 45).

Figura 46. Anatomía de un tornado.



Fuente: NOAA

Características

La nube es de color blanco o gris claro mientras que el embudo permanece suspendido de la nube madre, cuando éste hace contacto con la tierra se presenta de un color gris oscuro o negro debido al polvo y escombros que son succionados del suelo por el violento remolino.

Estos torbellinos llamados también chimeneas o mangas, generalmente rotan en sentido contrario a las manecillas del reloj, en el hemisferio Norte. En algunas ocasiones se presentan como un cilindro, cuyo diámetro varía entre la base de la nube y la superficie del suelo y su diámetro inferior es aproximadamente de 1 Km alcanzando algunas veces los 100 metros.

Características más comunes para identificar un tornado

a. El tornado se forma en conexión con una nube de tormenta, llamada "*Cumulonimbus*".
b. El tornado aparece en la base de la nube "Cumulunimbus" y se extiende hacia abajo hasta alcanzar el suelo en forma de embudo o manga.
c. Comúnmente un tornado va acompañado por lluvia, granizo, relámpagos, rayos y de la oscuridad propia de las nubes.
d. Una característica común, es la baja presión atmosférica (fuerza por unidad de área, ejercida sobre una superficie determinada) en el centro de la tormenta y enorme velocidad del viento.

e. El efecto de destrucción de un tornado es mayor en el área afectada que el de un huracán, debido a que la energía por liberar se concentra un área más pequeña. Por tanto, el efecto de la velocidad del viento y la baja presión hace que el daño sea mayor.
f. Los tornados se desplazan aproximadamente a 50 Km/h, sin embargo, algunos se mueven lentamente, mientras otros alcanzan velocidades de 100 Km/h o más. La trayectoria promedio de un tornado es de unos 400 metros de ancho y unos cuantos kilómetros de largo. Algunas de éstas han alcanzado valores excepcionales de 1.6 Km de ancho y 480 Km de largo.

Composición

La chimenea del tornado es una nube constituida por gotitas de agua mezcladas con polvo y partículas de desechos, las cuales nacen en las bases de las nubes y descienden hacia la superficie.

En las proximidades del suelo el polvo y los desechos son muy abundantes, debido a la baja presión atmosférica existente que contribuye a que el aire circule hacia dentro y ascienda.

En el interior, en las paredes que forma el ojo del tornado normalmente se producen descargas eléctricas. Algunos tornados están constituidos por una sola chimenea, mientras que otros forman un sistema de varias chimeneas. Unos duran pocos segundos, otros persisten durante decenas de minutos.

La mayoría se producen por la inestabilidad atmosférica, debido al calentamiento diurno y la gran cantidad de humedad o frentes fríos (línea de separación entre dos masas de aire una fría y seca y, la otra, cálida y húmeda, se caracteriza por que la masa de aire frío va seguida de la masa de aire cálido) que se encuentran activos, agrupados en familias o en conexión con tormentas aisladas de gran intensidad.

El desplazamiento de los tornados tiende a ser dominado por el movimiento de la tormenta o nube madre, a veces se observa que el embudo se libera de la base moviéndose en forma errática.

Épocas en que se forman los tornados

Los tornados se producen generalmente en la zona de transición entre las masas de aire polar y tropical, entre los 20º y 50º de latitud, a ambos lados del ecuador, siendo poco frecuentes en latitudes mayores de 60º, donde el aire no contiene la humedad y la temperatura necesaria para la formación de este fenómeno y en la región ecuatorial, donde la atmósfera no tiene la inestabilidad necesaria para desarrollar una tormenta severa de tal magnitud.

Efectos usuales de un tornado ocasionados sobre edificios

1. La presión del viento se ejerce principalmente sobre las ventanas, puertas y paredes.
2. Es devastador el efecto de los trozos de materiales arrojados por el viento.
3. Produce el derrumbe de las partes altas del edificio (chimeneas, tanques de agua, etc.) sobre las partes bajas del mismo.
4. Su efecto “explosivo” se produce por la repentina diferencia de presión que se ejerce cuando el “ojo” o "centro" del tornado pasa por el edificio.

El 70% de los tornados se producen en los Estados Unidos. Para el municipio solo se han registrados trombas marinas. Las cuales se pueden definir como vórtices o torbellinos que sucede sobre el agua, asociado por lo general a las nubes *Cumulonimbus* que son aquellas que tienen un gran desarrollo vertical.

Las trombas están asociadas a los cambios en la presión atmosférica, así como a los choques de un frente frío con un frente cálido que provocan el torbellino, por esa razón suelen verse en época de cambio de estación. Este

fenómeno es similar a un tornado, pero es menos intenso y no es muy peligroso para la población ya que suele formarse en aguas profundas y dura tan solo unos minutos y no afecta la costa.

La amenaza de estos fenómenos no es indicadora de peligro para el municipio.

Tormentas severas

Se puede definir a una tormenta severa como aquella tormenta que es susceptible de producir daños materiales importantes, muertes o ambos. Generalmente, las tormentas severas vienen acompañadas de lluvias intensas, vientos fuertes y pueden producir granizo, rayos y truenos, inundaciones repentinas e incluso, tornados. Si se presentan sobre el océano, también producen oleaje alto y marejada intensa (CENAPRED, 2010).

Una tormenta severa se forma a partir de la convección, es decir, el calor contenido en el ambiente después de un día muy caluroso. Puede producir daños materiales, muertes o ambos.

Para la formación de una tormenta severa es necesario que se desarrollen las nubes conocidas como c*umulunimbus*. Éstas son densas y de considerable dimensión vertical, en forma de coliflor. Una parte de su región superior es generalmente lisa, fibrosa o estriada y casi siempre aplanada, la cual se extiende frecuentemente en forma de yunque o de vasto penacho.

En la figura 46 se muestran nubes *cumulunimbus* típicas, la cual puede desarrollar una tormenta severa.

Figura 47. Nubes de tormenta sobre la zona hotelera de Cancún.



Fuente: Scoopnest.com

Las nubes de este tamaño no se desarrollan al menos que tengan la suficiente energía, y esto significa que la masa de aire ambiental necesita contener importantes cantidades de vapor de agua distribuidas por toda la capa vertical. Además de estas condiciones se necesita de un mecanismo disparador para el desarrollo de las nubes y la ausencia de factores que inhiban o restrinjan su desarrollo hasta su madurez, tales como una inversión térmica en los niveles medios de la atmósfera.

Generación de tormentas severas por frentes fríos

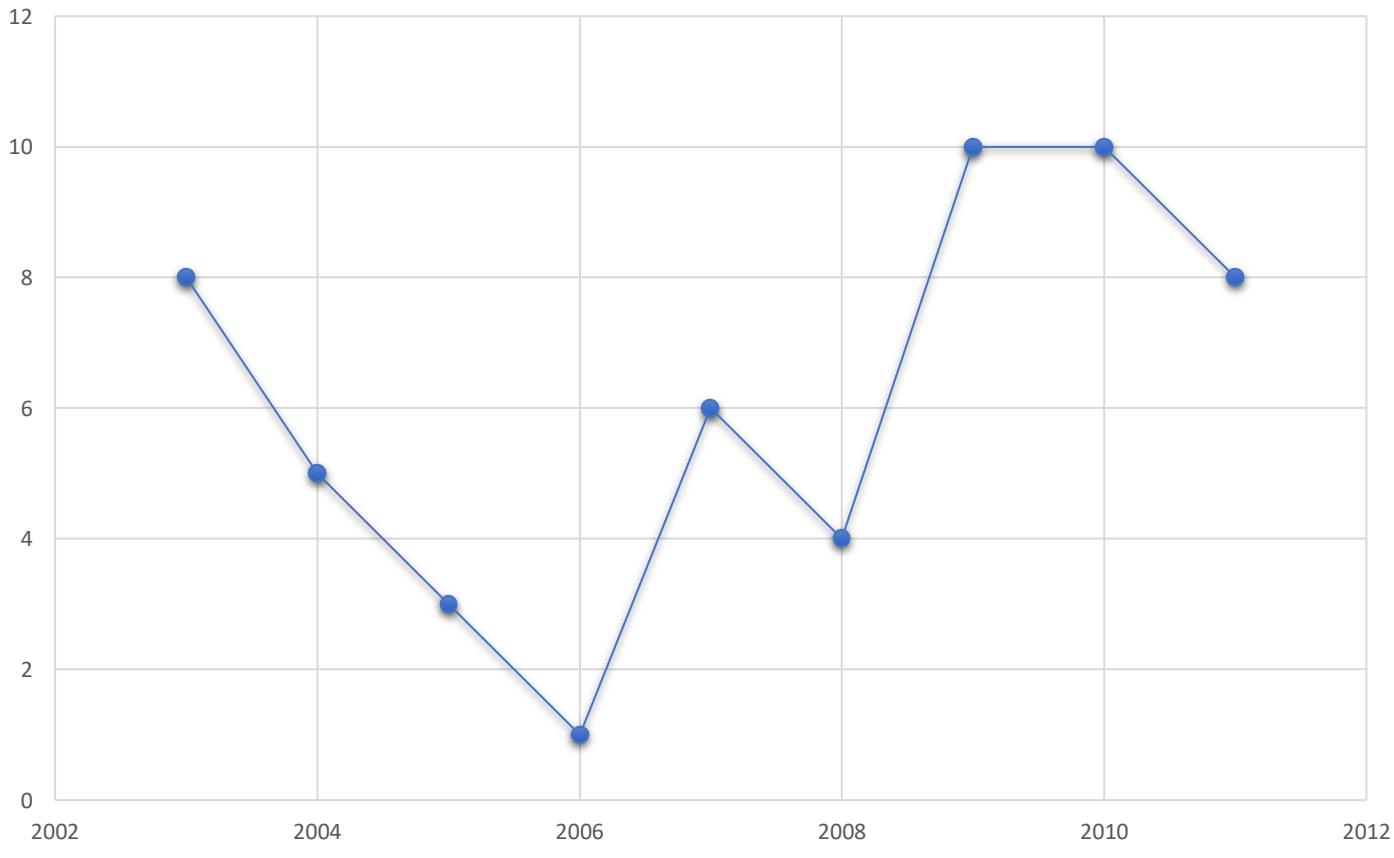
En meteorología, un frente es una franja de separación entre dos masas de aire de diferentes temperaturas, y se clasifican como fríos, cálidos, estacionarios y ocluidos, según sus características. La palabra frente tiene origen en el lenguaje militar (como frente de batalla) y se asemeja a una batalla porque el choque entre las dos masas produce una actividad muy dinámica de tormentas eléctricas, ráfagas de viento y fuertes aguaceros. Algunos frentes fríos se mueven rápidamente. Son fuertes y pueden causar perturbaciones atmosféricas tales como tormentas eléctricas, chubascos, tornados, vientos fuertes y cortas tempestades de nieve durante su paso, acompañadas de condiciones secas a medida que el frente avanza. Dependiendo de la época del año (otoño, invierno o primavera) y de su localización geográfica, los frentes fríos pueden presentarse con un periodo de entre 5 a 7 días en promedio (CENAPRED, 2010).

Existen diversos fenómenos atmosféricos, además de la precipitación, que suelen acompañar a las tormentas severas, entre los que se encuentran las líneas de chubasco, las ráfagas frontales, los rayos, los truenos, el granizo y los tornados.

Los principales instrumentos que se utilizan para la medición de variables meteorológicas (como temperatura, presión, humedad, radiación solar, etc.) son las estaciones meteorológicas, tanto automáticas como manuales, así como los radio sondeos, boyas, los satélites y radares meteorológicos.

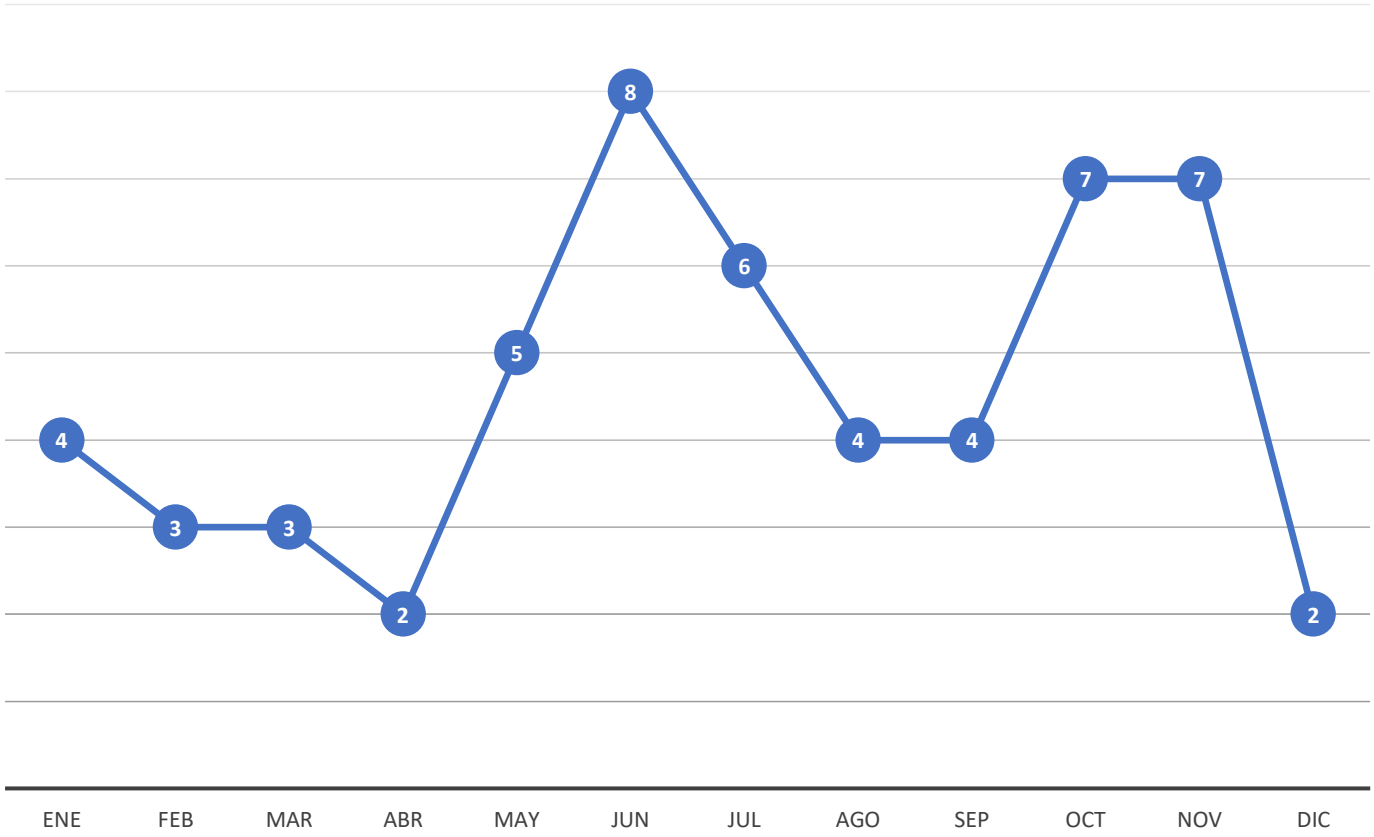
Para el municipio de Benito Juárez solo constan registros desde 2003 hasta 2011 (gráficas 182 y 183) de tormentas severas de una sola estación climática (23155, CANCÚN), las cuales se muestran por su frecuencia mensual y cuantas se han presentado por año. Los datos para este análisis se obtuvieron del Sistema de Información Geográfica del Extractor Rápido de Información Climatológica (SIG ERIC) ver. 1.0 (http://hidrosuperf.imta.mx/sig_eric/).

Gráfica 182. Número de tormentas severas anuales.



Fuente: Sistema de Información Geográfica del Extractor Rápido de Información Climatológica (SIG ERIC) ver. 1.0 (http://hidrosuperf.imta.mx/sig_eric/)

Gráfica 183. Frecuencia mensual de tormentas severas.



Fuente: Sistema de Información Geográfica del Extractor Rápido de Información Climatológica (SIG ERIC) ver. 1.0 (http://hidrosuperf.imta.mx/sig_eric/)

Las observaciones realizadas señalan que el peligro por tormentas para el municipio de Benito Juárez se ha dado fundamentalmente en los meses de junio, octubre y noviembre como los más significativos para este fenómeno. Debido en primer lugar a la temporada de ciclones tropicales que inicia en junio y culmina en noviembre.

Por lo que estos meses y debido a la frecuencia observada, las autoridades a nivel estatal y municipal, así como la población en general deben mantenerse informadas y tomar las medidas necesarias para evitar tragedias o desastres. Sin embargo, se recomienda realizar el cálculo a partir de los registros de más estaciones meteorológicas.

Por otra parte, los años en que se han presentaron esta acumulación de tormentas fue 2009 y 2010 (gráfica 182). Seguidos de 2003 y 2011 con 8 tormentas al año. Si bien no es número considerable en los ocho años contabilizados, se debe tener presente que año con año se presentan en el municipio tormentas severas que ocasionan, principalmente, lluvias y vientos fuertes, pudiendo presentarse granizadas. Por tal motivo, las autoridades de protección civil deberán monitorear este fenómeno.

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). Las tormentas se asocian a nubes convectivas (cumulunimbus) y pueden estar acompañadas de precipitación en forma de chubascos; pero en ocasiones puede ser nieve, nieve granulada, hielo granulado o granizo (OMM, 1993). Son de carácter local y se reducen casi siempre a sólo unas decenas de kilómetros cuadrados.

Asimismo, el desarrollo económico y poblacional de las ciudades hace posible que ocurran con mayor frecuencia efectos negativos generados por tormentas eléctricas (García, et al., 2007, cit. CENAPRED, 2010), por lo que es necesario implementar las medidas necesarias que minimicen sus efectos.

El rayo es una descarga electrostática que resulta de la acumulación de cargas positivas y negativas dentro de una nube de tormenta. Cuando las cargas adquieren la fuerza suficiente, aparecen los rayos, cuya manifestación visible es el relámpago, es decir, un destello de luz que se produce dentro de las nubes o entre éstas y el suelo. La mayor cantidad de relámpagos ocurren dentro de la nube, mientras que el 20% se presenta entre la nube y el suelo.

Características de las tormentas eléctricas

De acuerdo con CENAPRED (2010), una tormenta eléctrica se forma por una combinación de humedad, entre el aire caliente que sube con rapidez y una fuerza capaz de levantar a éste, como un frente frío, una brisa marina o una montaña. Todas las tormentas eléctricas contienen rayos, los cuales pueden ocurrir individualmente en grupos o en líneas.

El ciclo de duración de una tormenta es de sólo una o dos horas y empieza cuando una porción de aire está más caliente que el de su entorno, o bien, cuando el aire más frío penetra por debajo de ella. El estado de madurez de una tormenta está asociado con grandes cantidades de precipitación y rayos.

Los rayos pueden ser de los siguientes tipos:

a. Nube-aire. La electricidad se desplaza desde la nube hacia una masa de aire de carga opuesta.
b. Nube-nube. El rayo puede producirse dentro de una nube con zonas cargadas de signo contrario.
c. Nube-suelo. Las cargas negativas de las nubes son atraídas por las cargas positivas del suelo.

Peligro por tormentas eléctricas

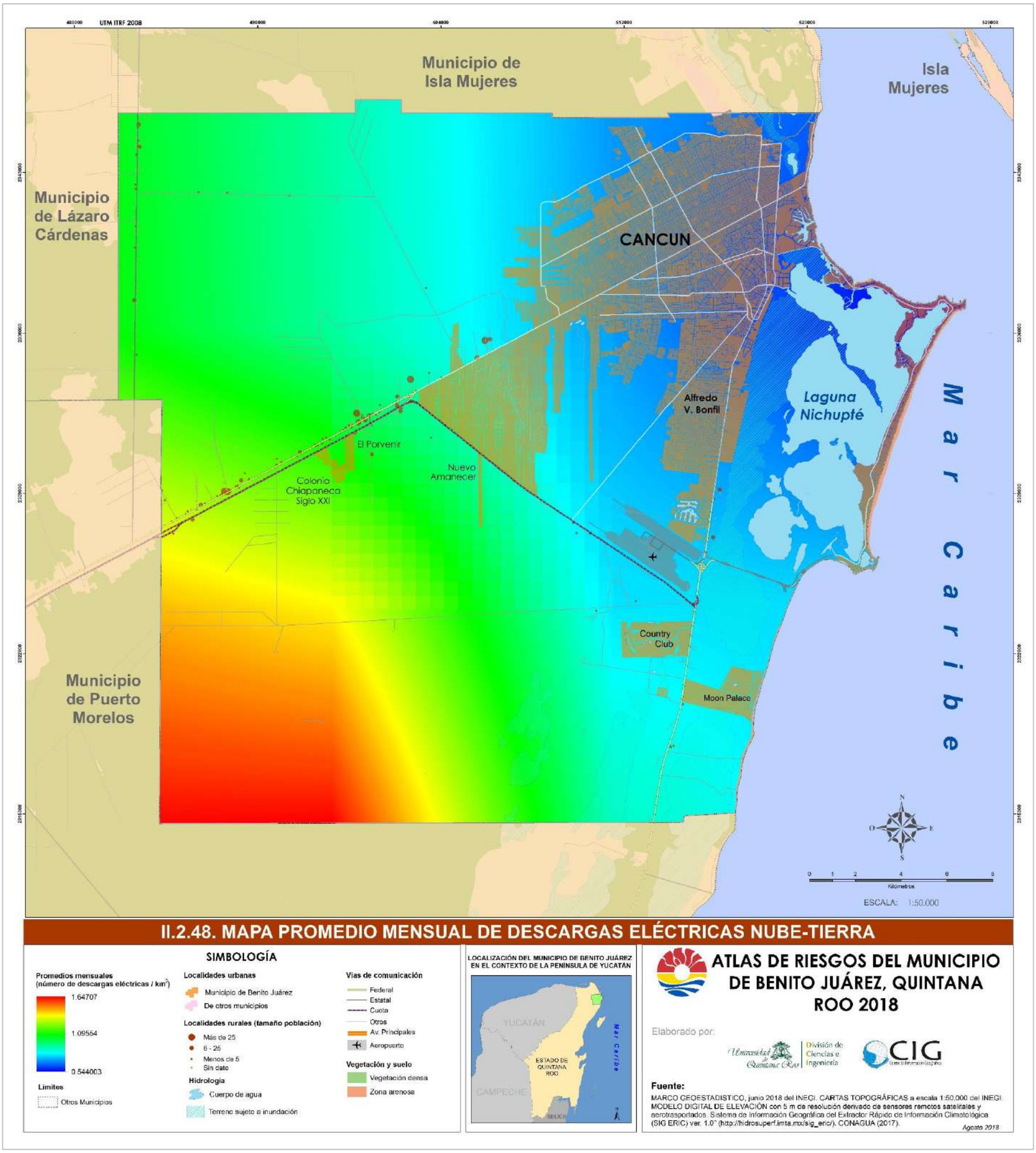
Los efectos de las tormentas eléctricas van desde herir o causar el deceso de una persona de forma directa o indirecta hasta dañar la infraestructura de la población, que provocaría la suspensión de la energía eléctrica, además de afectar algunos aparatos (radio, televisión, computadoras, refrigeradores, 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.

CENAPRED (2010), señala que las tormentas eléctricas en México ocurren entre mayo y octubre., y se presentan con mayor frecuencia durante horas de la tarde o de la noche.

Para el cálculo del peligro por tormentas eléctricas para el municipio de Benito Juárez, se trabajaron con los datos procesados por UNIATMOS (Unidad de Informática para las Ciencias Atmosféricas y Ambientales) del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México. Se generaron a partir de la base *World Wide Lightning Location Network (WWLLN)* y de procesos desarrollados por Kucien'ska et al. 2010, reportados en su trabajo: *Cloud-to-ground lightning over Mexico and adjacent oceanic regions: a preliminary climatology using the WWLLN dataset*.

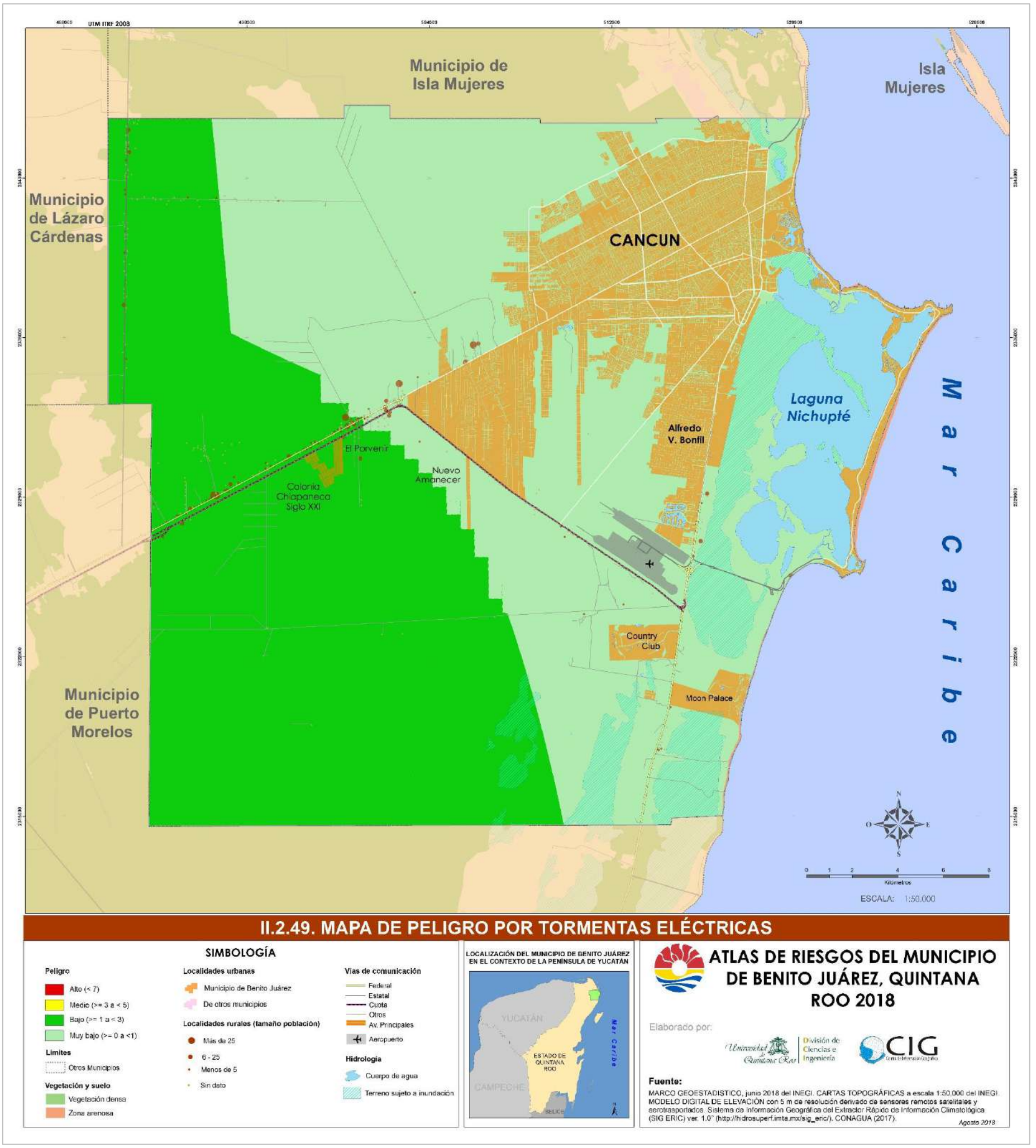
Los datos fueron recalculados para el dominio de México, Centroamérica, sur de Estados Unidos y mares adyacentes, con una resolución espacial de 0.1 grados de arco, aproximadamente 11 km x 11 km. Esta variable se reporta en unidades del número de descargas eléctricas por km^2 por mes.

Para Benito Juárez se cartografiaron los promedios mensuales de descargas eléctricas nube tierra (Mapa II.2.48). En este se puede observar que las zonas donde se contabilizaron más descargas eléctricas por kilómetro cuadrado.



En el mapa se puede advertir, que las descargas contabilizadas se han concentrado en suroeste del municipio, haciendo que el peligro sea menor para la población, pero importante para las vías de comunicación instaladas en la zona, además se advierte un decremento a partir de ahí hacia la costa.

Ahora bien, siguiendo la Norma Mexicana ANCE y el Sistema de Protección Contra Tormentas Eléctricas, que definen los siguientes rangos de peligrosidad según la densidad anual de rayos nube-tierra por kilómetro cuadrado (NMX-J-549-ANCE-2005, II-16 Amenaza por tormentas eléctricas), las cuales se exponen a continuación: ≥ 5 a < 7 = Peligro alto; ≥ 3 a < 5 = Peligro medio; ≥ 1 a < 3 = Peligro bajo y ≥ 0 a < 1 = Peligro muy bajo. De la misma manera y a través de los datos obtenidos, se realizó el mapa de peligros por tormentas eléctricas para el municipio, dando como resultado el mapa siguiente:



El resultado obtenido muestra que la mitad del territorio se encuentra en peligro muy bajo y la otra mitad en bajo, ya que el rango de los datos va de 0.54 a 1.65 descargas eléctricas por km^2, es decir, la densidad de descargas por kilómetro cuadrado. Por tal motivo, esta amenaza es de baja peligrosidad para su población. Sin embargo, se debe tener en cuenta la infraestructura construida, como la red eléctrica y vías de comunicación, por lo demás la población debe tomar las medidas de resguardo dictadas por las autoridades de protección civil del municipio.

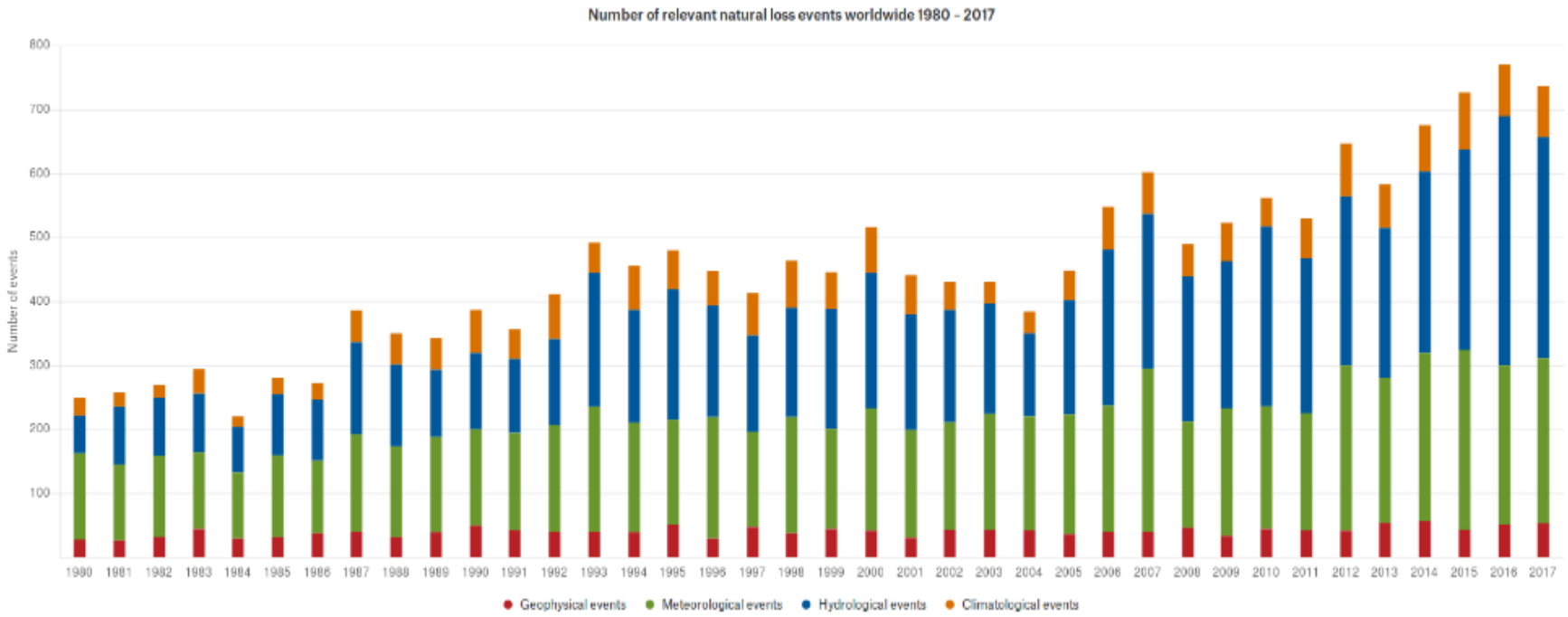
Lluvias extremas, inundaciones pluviales, fluviales, costeras y lacustres.

Las inundaciones son uno de los fenómenos más frecuentes y con más impacto en las zonas costeras a nivel mundial. De acuerdo con el CRED, tan solo en 2017 el número de inundaciones importantes (126) casi alcanzó a los que se presentaron la década anterior (162). El aumento de este tipo de eventos se observa claramente en la gráfica 184 en donde las barras de color azul representan el número de inundaciones registradas por año respecto a otros tipos de desastres.

Las inundaciones por precipitación pluvial se presentan cuando el terreno se ha saturado y el agua de lluvia excedente comienza a acumularse, pudiendo permanecer horas o días hasta evaporarse o infiltrarse en el terreno (Alcocer-Yamanaka, Rodríguez-Varela, Bourguett-Ortiz, Llaguno-Guilberto, & Albornoz-Góngora, 2016).

De acuerdo con el Glosario Internacional de Hidrología (WMO/OMM/BMO, 2012), la definición de inundación es: "aumento del agua por arriba del nivel normal del cauce". Las inundaciones pueden originarse por precipitación, oleaje, marea de tormenta o falla de alguna estructura hidráulica, provocando que penetre agua en lugares que normalmente no hay y produciendo, por lo general, afectaciones la población, agricultura, ganadería e infraestructura.

Gráfica 184. Número de eventos importantes registrados a nivel mundial, 1980 -2017.



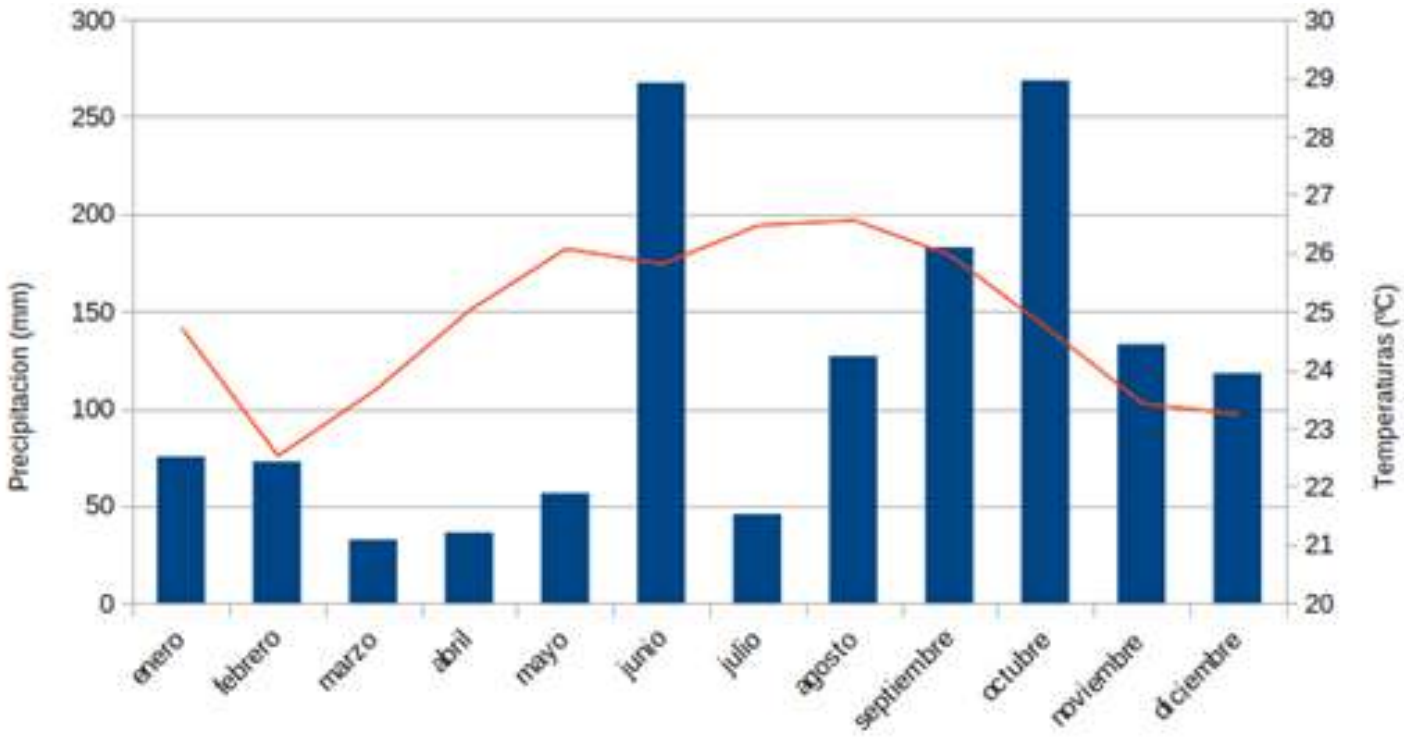
Fuente: NatCat SERVICE (https://natcatservice.munichre.com/), Munich RE. Consultado el 28 de diciembre de 2018.

El Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) espera que el aumento en la temperatura ocasionado por el cambio climático modifique significativamente los patrones tradicionales de precipitación a nivel mundial, afectando actividades que están ligadas a los recursos hídricos tales como la producción alimentaria, el suministro de agua potable y el saneamiento (IPCC, 2014). Otro factor importante que aumenta los niveles de riesgo por inundaciones es el crecimiento urbano que modifica los ecosistemas locales.

Aun así, debemos considerar que una zona no es homogénea y su escurrimiento depende de la topografía del terreno y de su cobertura. Las inundaciones se miden usando dos variables, la primera es la altura de la lámina de agua formada (en mm) y la segunda es la intensidad de la precipitación que relaciona esta altura de la lámina de agua con el tiempo que tardo la lluvia en alcanzarla (mm/hrs). El Servicio Meteorológico Nacional clasifica las lluvias de fuertes a intensas a aquellas que son mayores a 50 mm en un periodo de 24 horas.

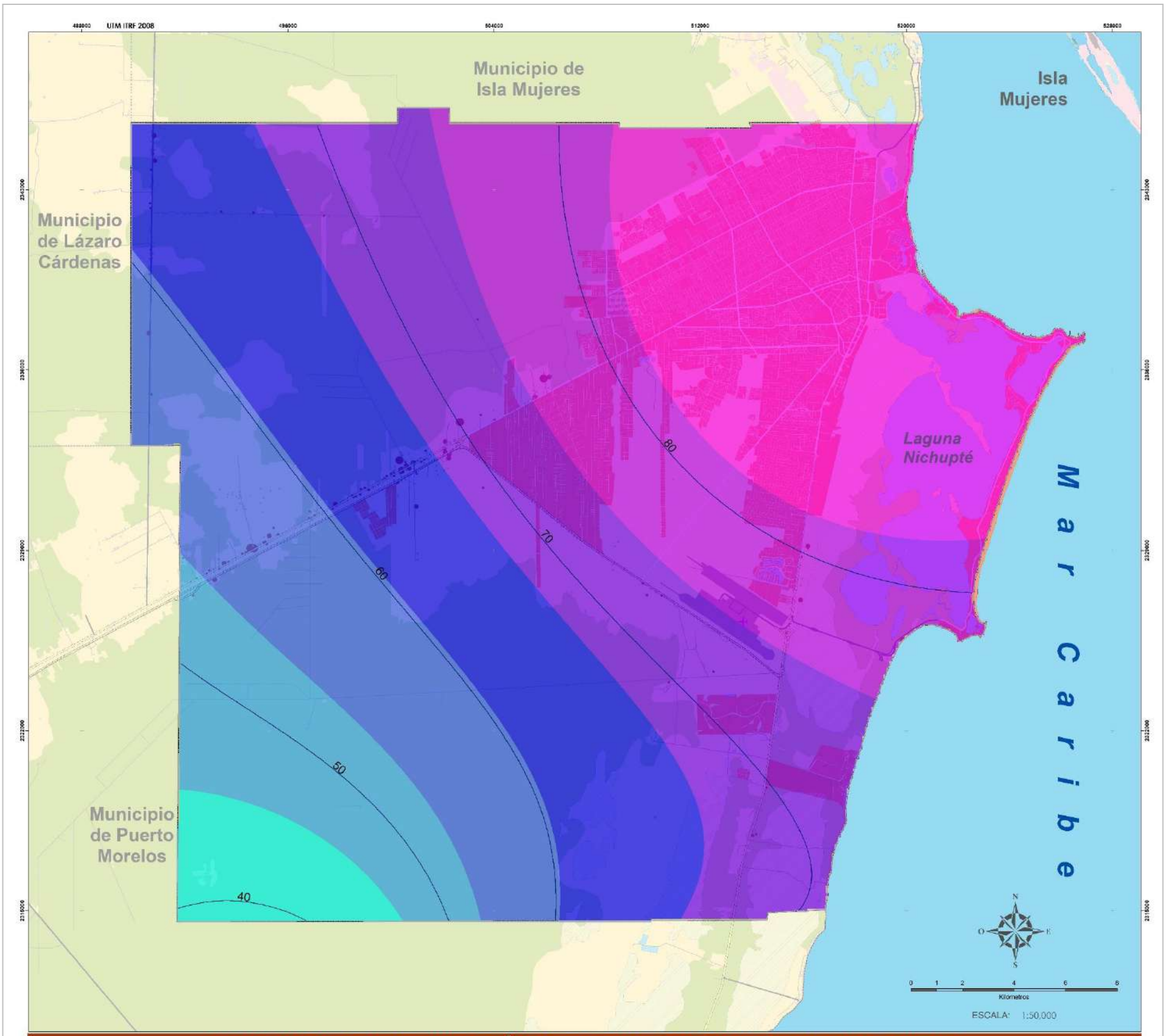
El municipio de Benito Juárez tiene un régimen pluvial con dos periodos claramente diferenciados (gráfica 185), un periodo de lluvias durante los meses de mayo a octubre (con una precipitación media mensual de 120 mm) y una época de secas en los meses noviembre a abril (con una precipitación media mensual de 58 mm).

Gráfica 185. Climograma de la Estación Meteorológica Cancún ESIME.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del SMN (http://smn.cna.gob.mx/es/informacion-limatologica-ver-estado?estado=qroo), CONAGUA. Consultado el 28 de diciembre de 2018.

La distribución espacial de los acumulados mensuales de lluvia para el municipio tiene un rango que va de los 29 mm a los 194 mm, siendo los meses de marzo y abril los más secos del año, tal como lo muestra la gráfica anterior. Las zonas más secas del municipio están al suroeste del municipio, hacia el centro de la Península de Yucatán. Por su parte, el mes de mayor precipitación es octubre y la zona del municipio es la parte central del mismo. Todo esto puede observarse en los mapas II.2.50 al II.2.61 que muestra la distribución espacial de la precipitación acumulada mensual de acuerdo con el Servicio Meteorológico Nacional.



II.2.50 MAPA DE PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL (1961-2017): ENERO

SIMBOLOGÍA

Precipitación promedio mensual (mm) enero
- 82.04 - 89.25
- 74.81 - 82.03
- 67.58 - 74.8
- 60.36 - 67.57
- 53.13 - 60.35
- 45.9 - 53.12
- 38.67 - 45.89

Isoyetas a 10 mm

Hidrología
- Cuerpo de agua
- Terreno sujeto a inundación

Localidades urbanas
- Municipio de Benito Juárez
- De otros municipios

Localidades rurales (tamaño población)
- Más de 25
- 6 - 25
- Menos de 5
- Sin dato
- Otros municipios

Limites
- Municipio Benito Juárez
- Otros Municipios

Vias de comunicación
- Federal
- Estatal
- Cuota
- Otros
- Av. Principales
- Aeropuerto

Vegetación y suelo
- Vegetación densa
- Zona arenosa

LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ EN EL CONTEXTO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN



ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO 2018

Elaborado por:

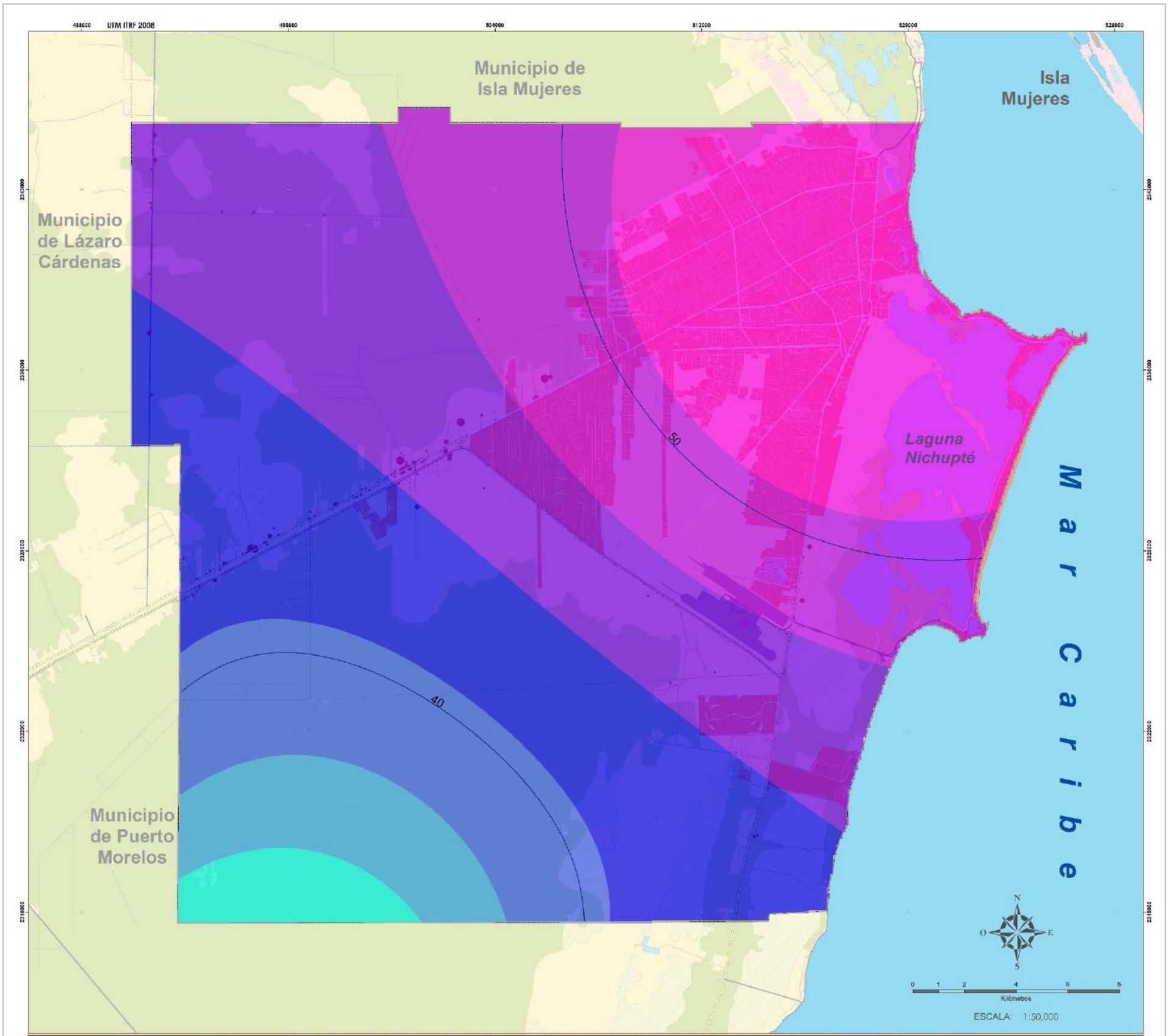
Universidad de Quintana Roo | División de Ciencias e Ingeniería

CIG

Fuente:

MARCO GEOESTADISTICO, junio 2018 del INEGI. CARTAS TOPOGRÁFICAS a escala 1:50,000 del INEGI. Sistema de Información Geográfica del Extractor Rápido de Información Climatológica (SIG ERIC) ver. 1.0" (http://hidrosuperf.imta.mx/sig_eric/). CONAGUA (2017).

Agosto 2018



II.2.51 MAPA DE PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL (1961-2017): FEBRERO

SIMBOLOGÍA

Precipitación promedio mensual (mm) febrero
- 50.82 - 54.18
- 47.45 - 50.81
- 44.07 - 47.44
- 40.7 - 44.06
- 37.33 - 40.69
- 33.95 - 37.32
- 30.57 - 33.94

Isoyetas a 10 mm

Hidrologia
- Cuerpo de agua
- Terreno sujeto a inundación

Localidades urbanas
- Municipio de Benito Juárez
- De otros municipios

Localidades rurales (tamaño población)
- Más de 25
- 6 - 25
- Menos de 5
- Sin dato
- Otros municipios

Límites
- Municipio Benito Juárez
- Otros Municipios

Vias de comunicación
- Federal
- Estatal
- Cuota
- Otros
- Av. Principales
- Aeropuerto

Vegetación y suelo
- Vegetación densa
- Zona arenosa

LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ EN EL CONTEXTO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

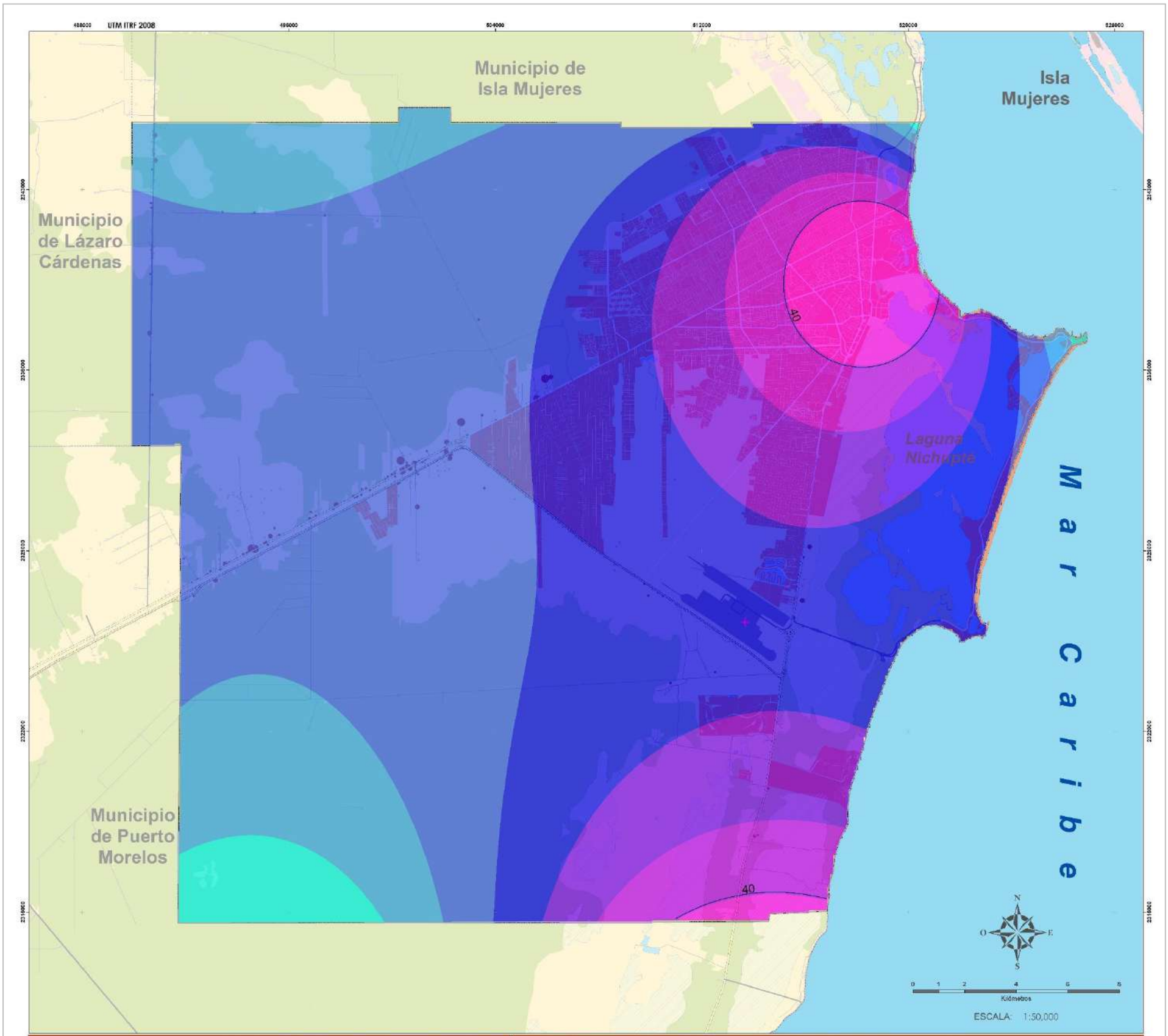


ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO 2018

Elaborado por:
Universidad de Quintana Roo | División de Ciencias e Ingeniería
CIG

Fuente:
MARCO GEOESTADISTICO, junio 2018 del INEGI. CARTAS TOPOGRÁFICAS a escala 1:50,000 del INEGI. Sistema de Información Geográfica del Extractor Rápido de Información Climatológica (SIG ERIC) ver. 1.0" (http://hidrosuperf.imta.mx/sig_eric/). CONAGUA (2017).

Agosto 2018



II.2.52. MAPA DE PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL (1961-2017): MARZO

SIMBOLOGÍA

Precipitación promedio mensual (mm) marzo
- 40.04 - 40.94
- 39.12 - 40.03
- 38.2 - 39.11
- 37.28 - 38.19
- 36.36 - 37.27
- 35.44 - 36.35
- 34.51 - 35.43

Isoyetas a 10 mm

Hidrología
- Cuerpo de agua
- Terreno sujeto a inundación

Localidades urbanas
- Municipio de Benito Juárez
- De otros municipios

Localidades rurales (tamaño población)
- Más de 25
- 6 - 25
- Menos de 5
- Sin dato
- Otros municipios

Límites
- Municipio Benito Juárez
- Otros Municipios

Vías de comunicación
- Federal
- Estatal
- Cuota
- Otros
- Av. Principales
- Aeropuerto

Vegetación y suelo
- Vegetación densa
- Zona arenosa

LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ EN EL CONTEXTO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN



ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO 2018

Elaborado por:

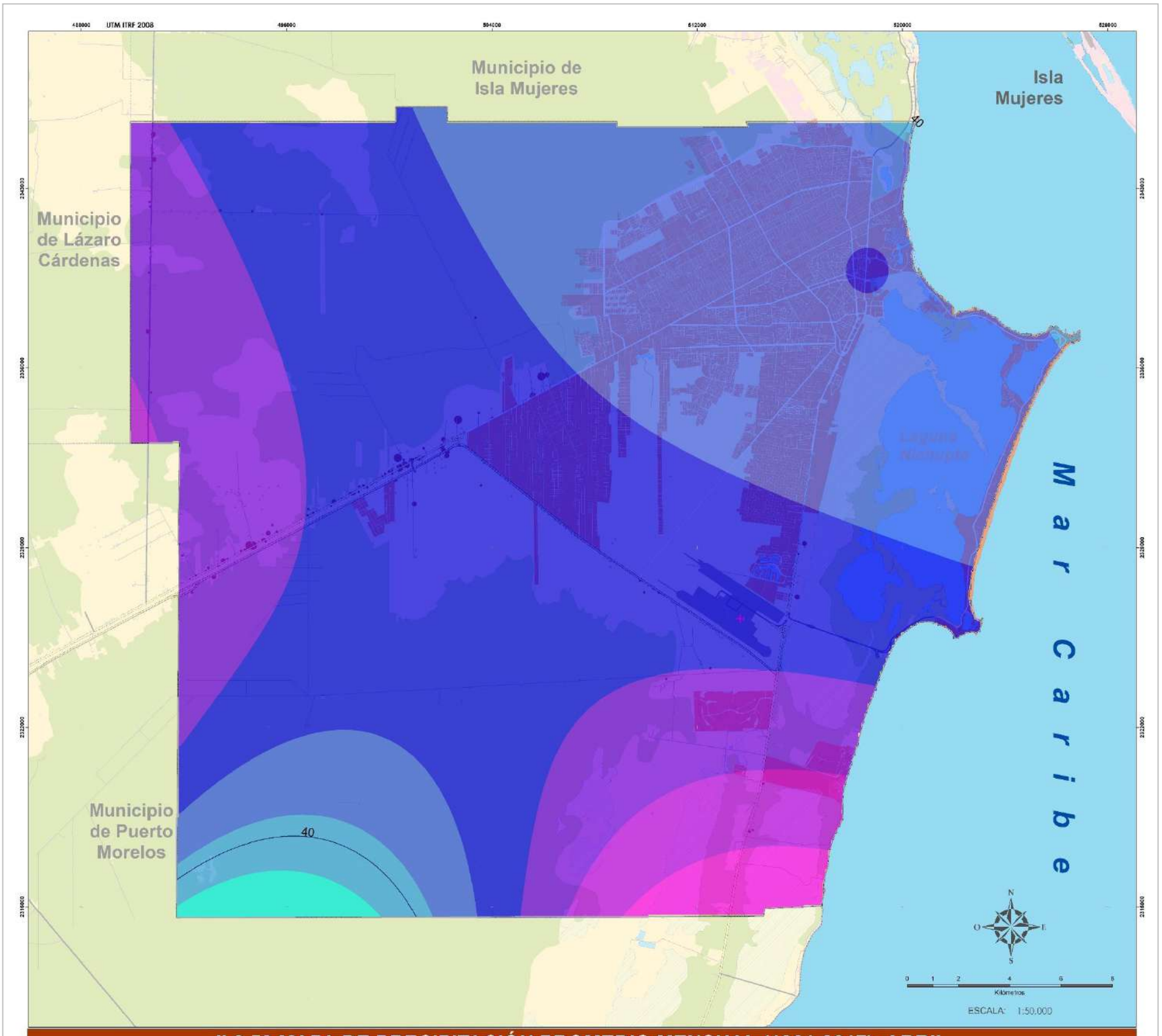
Universidad de Quintana Roo | División de Ciencias e Ingeniería

CIG

Fuente:

MARCO GEOESTADISTICO, junio 2018 del INEGI. CARTAS TOPOGRÁFICAS a escala 1:50,000 del INEGI. Sistema de Información Geográfica del Extractor Rápido de Información Climatológica (SIG ERIC) ver. 1.0* (http://hidrosuperf.imta.mx/sig_eric/). CONAGUA (2017).

Agosto 2018



II.2.53 MAPA DE PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL (1961-2017): ABRIL

SIMBOLOGÍA

Precipitación promedio mensual (mm) abril
- 43.94 - 44.84
- 43.04 - 43.93
- 42.13 - 43.03
- 41.23 - 42.12
- 40.33 - 41.22
- 39.42 - 40.32
- 38.51 - 39.41

Isoyetas a 10 mm

Hidrología
- Cuerpo de agua
- Terreno sujeto a inundación

Localidades urbanas
- Municipio de Benito Juárez
- De otros municipios

Localidades rurales (tamaño población)
- Más de 25
- 6 - 25
- Menos de 5
- Sin dato
- Otros municipios

Límites
- Municipio Benito Juárez
- Otros Municipios

Vías de comunicación
- Federal
- Estatal
- Cuota
- Otros
- Av. Principales
- Aeropuerto

Vegetación y suelo
- Vegetación densa
- Zona arenosa

LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ EN EL CONTEXTO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN



ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO 2018

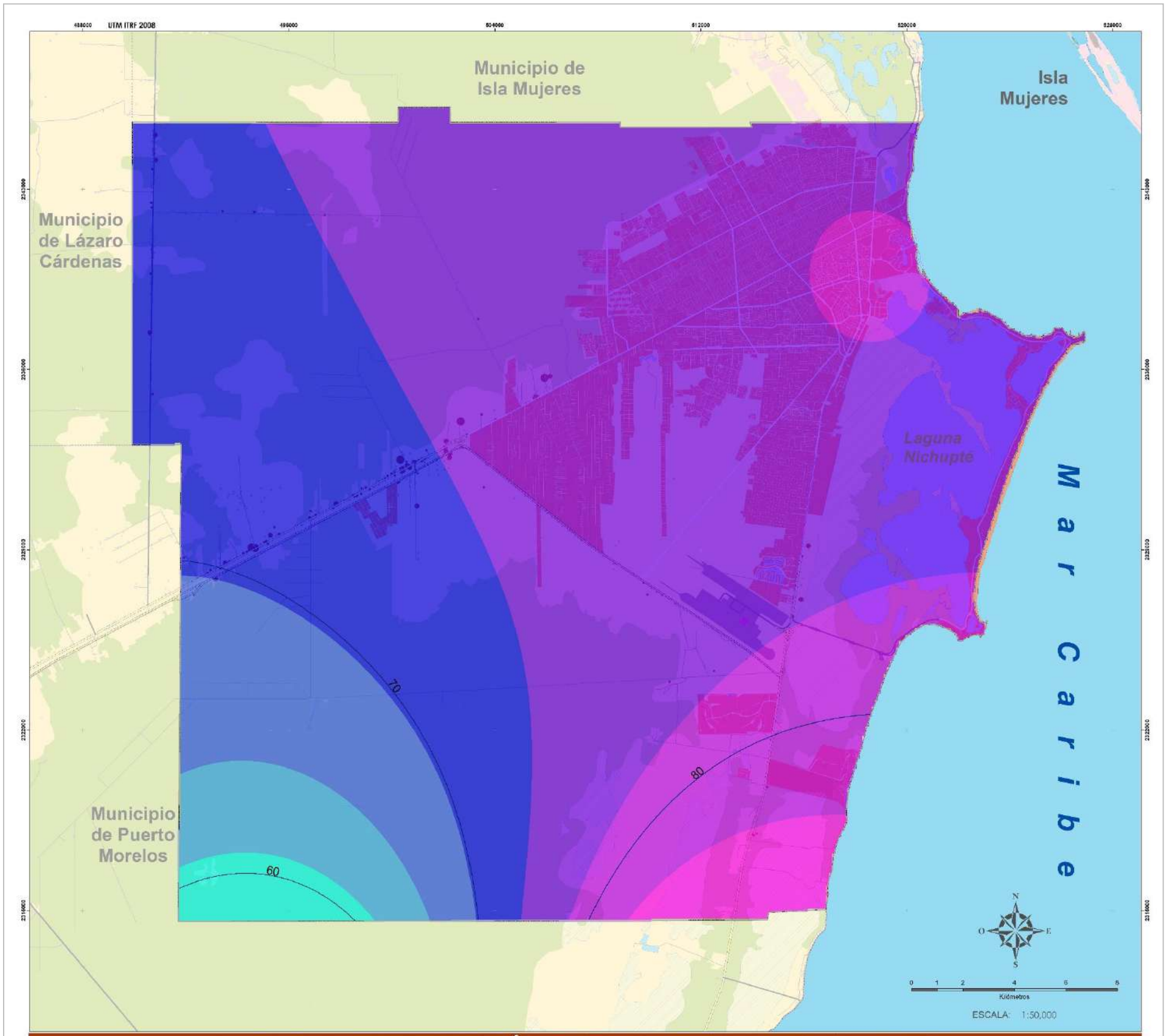
Elaborado por:

Universidad de Quintana Roo | División de Ciencias e Ingeniería | CIG

Fuente:

MARCO GEOESTADISTICO, junio 2018 del INEGI. CARTAS TOPOGRÁFICAS a escala 1:50,000 del INEGI. Sistema de Información Geográfica del Extractor Rápido de Información Climatológica (SIG ERIC) ver. 1.0" (http://hidrosuperf.imta.mx/sig_eric/). CONAGUA (2017).

Agosto 2018



II.2.54 MAPA DE PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL (1961-2017): MAYO

SIMBOLOGÍA

Precipitación promedio mensual (mm) mayo
- 82.71 - 86.99
- 78.41 - 82.7
- 74.12 - 78.4
- 69.82 - 74.11
- 65.52 - 69.81
- 61.23 - 65.51
- 56.92 - 61.22

Isoyetas a 10 mm

Hidrología
- Cuerpo de agua
- Terreno sujeto a inundación

Localidades urbanas
- Municipio de Benito Juárez
- De otros municipios

Localidades rurales (tamaño población)
- Más de 25
- 6 - 25
- Menos de 5
- Sin dato
- Otros municipios

Límites
- Municipio Benito Juárez
- Otros Municipios

Vías de comunicación
- Federal
- Estatal
- Cuota
- Otros
- Av. Principales
- Aeropuerto

Vegetación y suelo
- Vegetación densa
- Zona arenosa

LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ EN EL CONTEXTO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN



ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO 2018

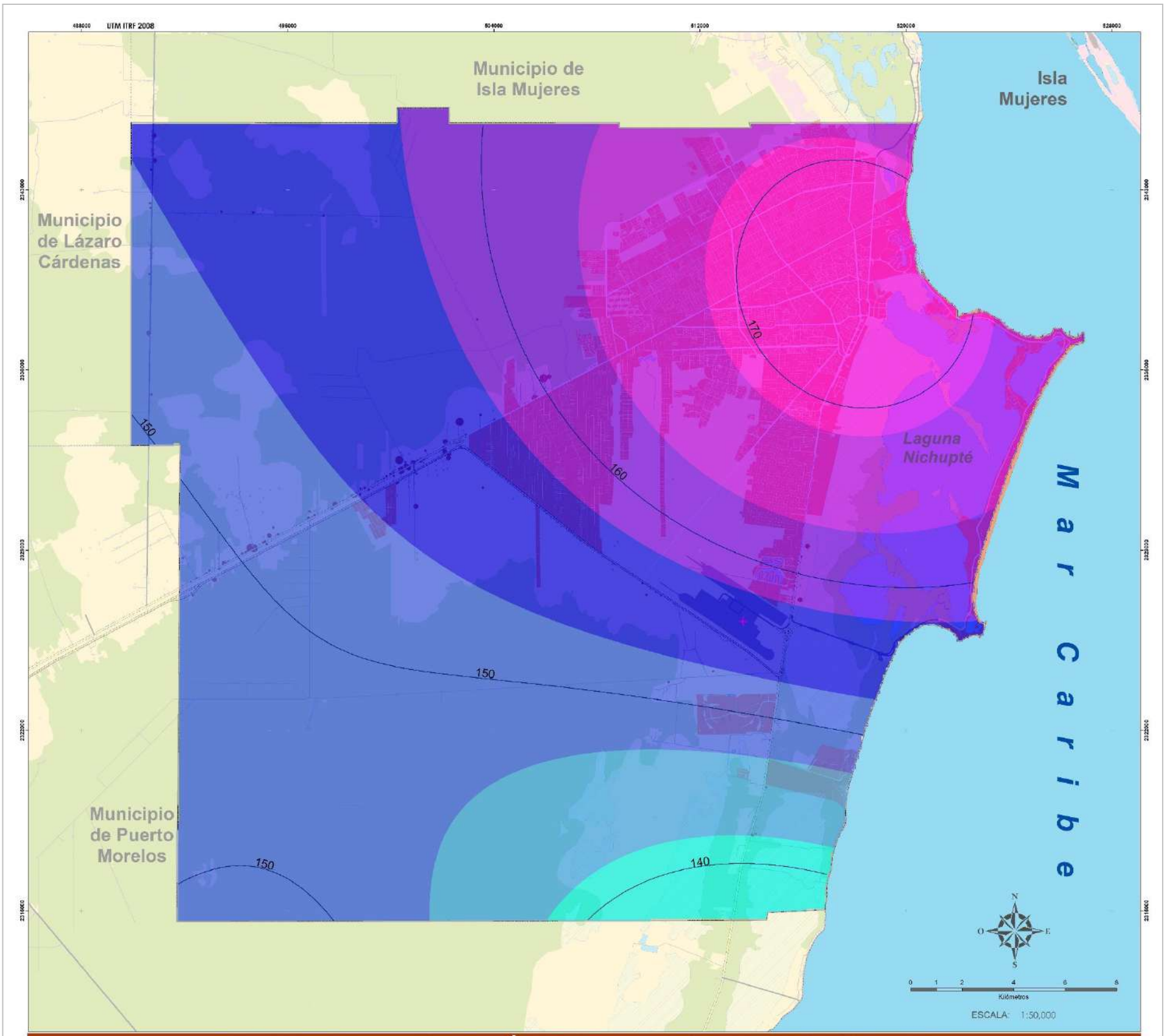
Elaborado por:

Universidad de Quintana Roo | División de Ciencias e Ingeniería | CIG

Fuente:

MARCO GEOESTADISTICO, junio 2018 del INEGI. CARTAS TOPOGRÁFICAS a escala 1:50,000 del INEGI. Sistema de Información Geográfica del Extractor Rápido de Información Climatológica (SIG ERIC) ver. 1.0" (http://hidrosuperf.imta.mx/sig_eric/). CONAGUA (2017).

Agosto 2018



II.2.55 MAPA DE PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL (1961-2017): JUNIO

SIMBOLOGÍA

Precipitación promedio mensual (mm) junio
- 168.62 - 173.96
- 163.27 - 168.61
- 157.92 - 163.26
- 152.56 - 157.91
- 147.21 - 152.55
- 141.86 - 147.2
- 136.5 - 141.85

Isoyetas a 10 mm

Hidrología
- Cuerpo de agua
- Terreno sujeto a inundación

Localidades urbanas
- Municipio de Benito Juárez
- De otros municipios

Localidades rurales (tamaño población)
- Más de 25
- 6 - 25
- Menos de 5
- Sin dato
- Otros municipios

Límites
- Municipio Benito Juárez
- Otros Municipios

Vías de comunicación
- Federal
- Estatal
- Cuota
- Otros
- Av. Principales
- Aeropuerto

Vegetación y suelo
- Vegetación densa
- Zona arenosa

LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ EN EL CONTEXTO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN



ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO 2018

Elaborado por:

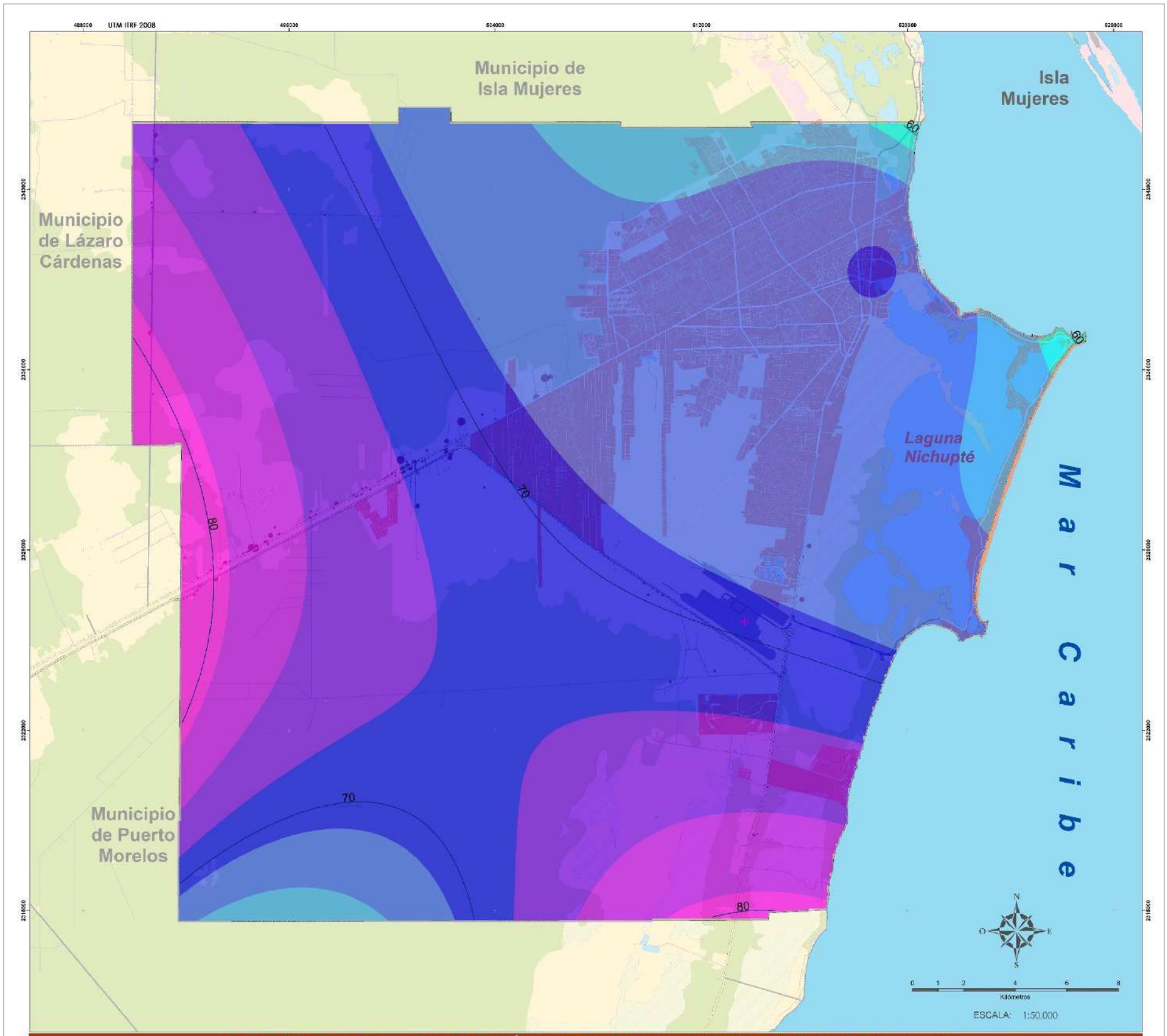
Universidad de Quintana Roo | División de Ciencias e Ingeniería

CIG

Fuente:

MARCO GEOESTADISTICO, junio 2018 del INEGI. CARTAS TOPOGRÁFICAS a escala 1:50,000 del INEGI. Sistema de Información Geográfica del Extractor Rápido de Información Climatológica (SIG ERIC) ver. 1.0" (http://hidrosuperf.imta.mx/sig_eric/). CONAGUA (2017).

Agosto 2018



II.2.56 MAPA DE PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL (1961-2017): JULIO

SIMBOLOGÍA

Precipitación promedio mensual (mm) julio
- 79.15 - 82.56
- 75.72 - 79.14
- 72.3 - 75.71
- 68.88 - 72.29
- 65.45 - 68.87
- 62.03 - 65.44
- 58.59 - 62.02

Isoyetas a 10 mm

Hidrología
- Cuerpo de agua
- Terreno sujeto a inundación

Localidades urbanas
- Municipio de Benito Juárez
- De otros municipios

Localidades rurales (tamaño población)
- Más de 25
- 6 - 25
- Menos de 5
- Sin dato
- Otros municipios

Limites
- Municipio Benito Juárez
- Otros Municipios

Vías de comunicación
- Federal
- Estatal
- Cuota
- Otros
- Av. Principales
- Aeropuerto

Vegetación y suelo
- Vegetación densa
- Zona arenosa

LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ EN EL CONTEXTO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN



ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO 2018

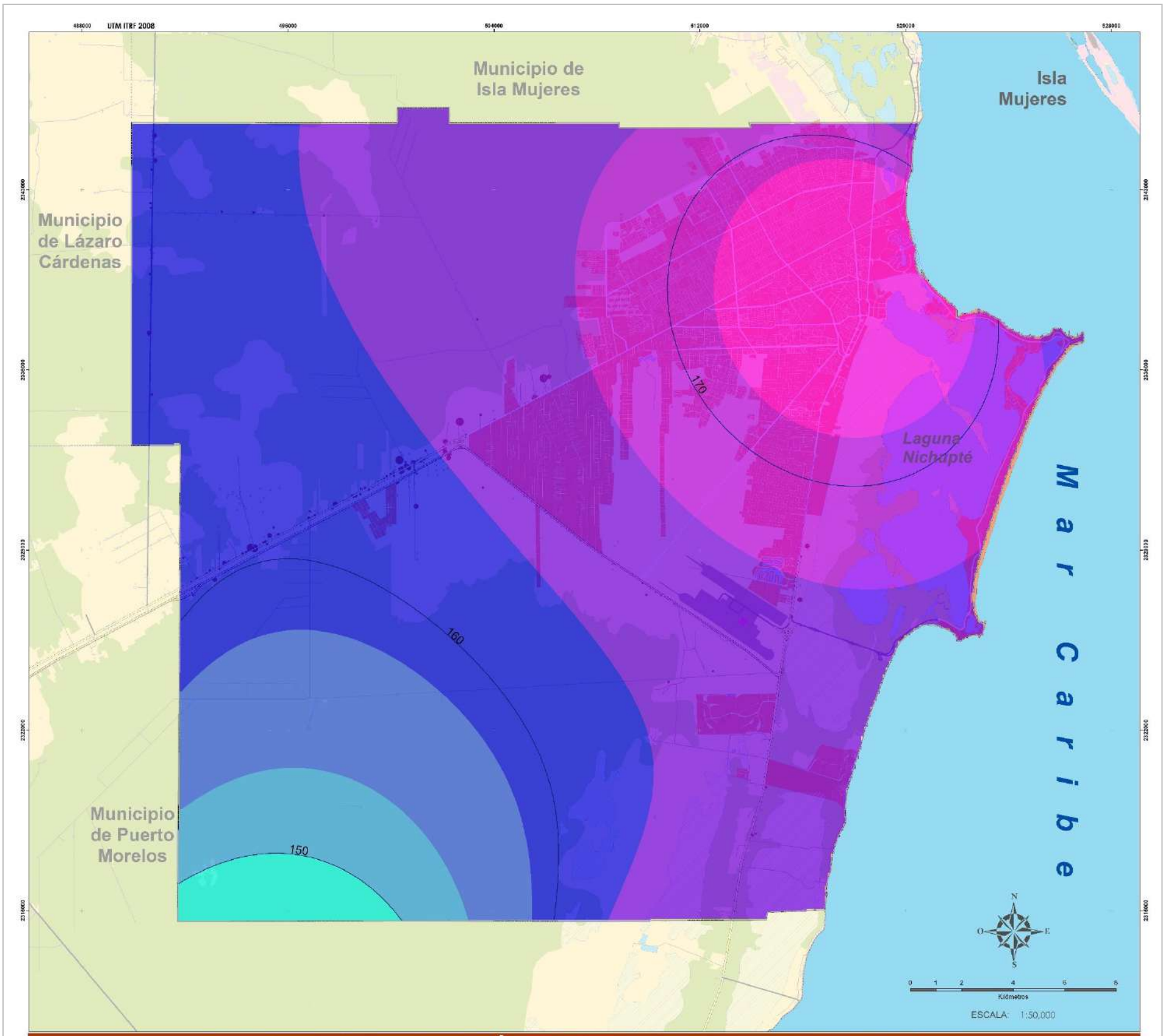
Elaborado por:

Universidad de Quintana Roo | División de Ciencias e Ingeniería | CIG

Fuente:

MARCO GEOESTADISTICO, junio 2018 del INEGI. CARTAS TOPOGRAFICAS a escala 1:50,000 del INEGI. Sistema de Información Geográfica del Extractor Rápido de Información Climatológica (SIG ERIC) ver. 1.0" (http://hidrosuperf.imta.mx/sig_eric/). CONAGUA (2017).

Agosto 2018



II.2.57 MAPA DE PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL (1961-2017): AGOSTO

SIMBOLOGÍA

Precipitación promedio mensual (mm) agosto
- 106.25 - 110.41
- 102.07 - 106.24
- 97.89 - 102.06
- 93.71 - 97.88
- 89.53 - 93.7
- 85.35 - 89.52
- 81.17 - 85.34

Isoyetas a 10 mm

Hidrología
- Cuerpo de agua
- Terreno sujeto a inundación

Localidades urbanas
- Municipio de Benito Juárez
- De otros municipios

Localidades rurales (tamaño población)
- Más de 25
- 6 - 25
- Menos de 5
- Sin dato
- Otros municipios

Límites
- Municipio Benito Juárez
- Otros Municipios

Vías de comunicación
- Federal
- Estatal
- Cuota
- Otros
- Av. Principales
- Aeropuerto

Vegetación y suelo
- Vegetación densa
- Zona arenosa

LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ EN EL CONTEXTO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN



ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO 2018

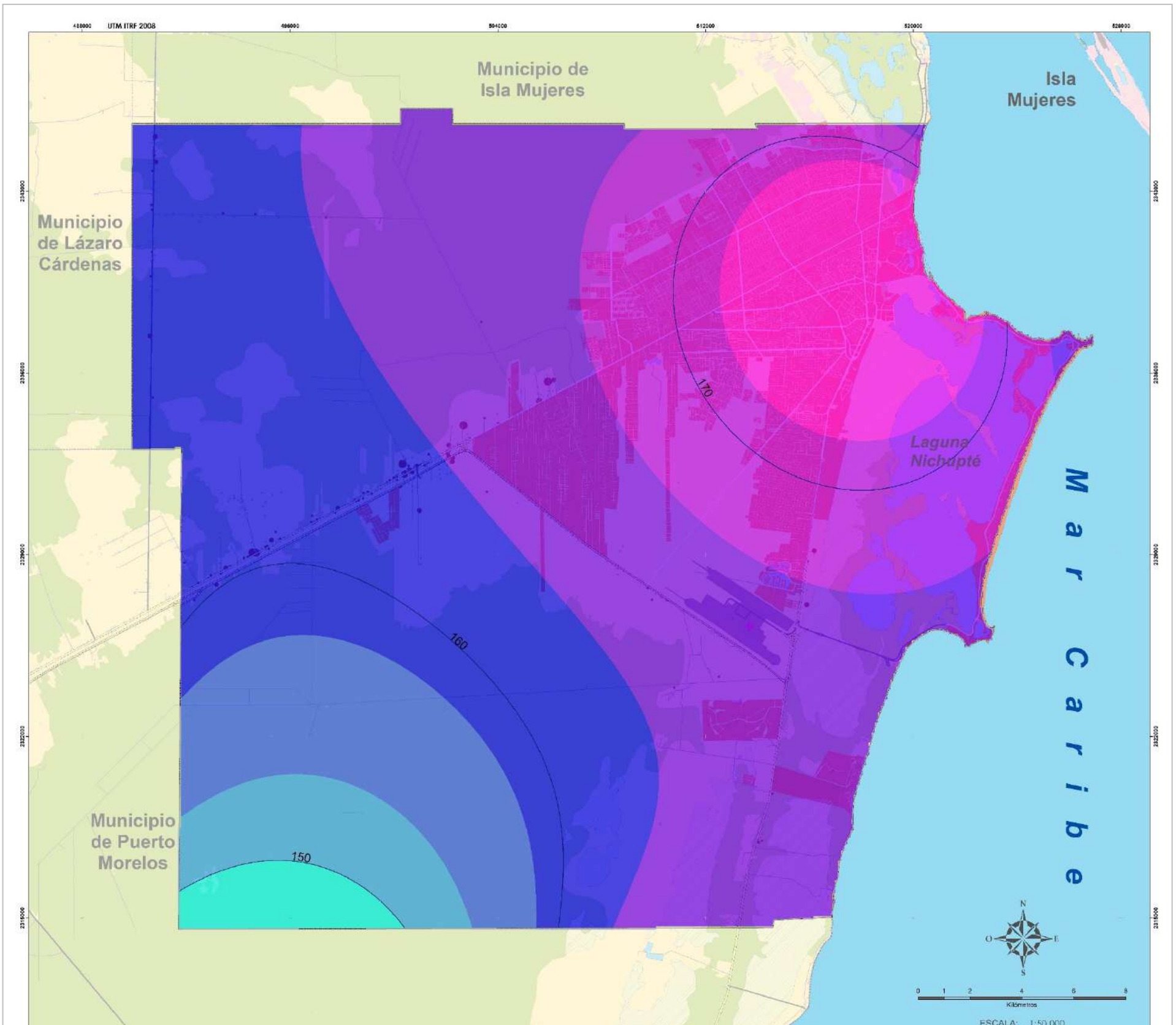
Elaborado por:

Universidad de Quintana Roo | División de Ciencias e Ingeniería | CIG

Fuente:

MARCO GEOESTADISTICO, junio 2018 del INEGI. CARTAS TOPOGRÁFICAS a escala 1:50,000 del INEGI. Sistema de Información Geográfica del Extractor Rápido de Información Climatológica (SIG ERIC) ver. 1.0* (http://hidrosuperf.imta.mx/sig_eric/). CONAGUA (2017).

Agosto 2018



II.2.58 MAPA DE PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL (1961-2017): SEPTIEMBRE

SIMBOLOGÍA

Precipitación promedio mensual (mm) septiembre
- 171.59 - 175.9
- 167.27 - 171.58
- 162.95 - 167.26
- 158.63 - 162.94
- 154.31 - 158.62
- 149.99 - 154.3
- 145.66 - 149.98

Isoyetas a 10 mm

Hidrología
- Cuerpo de agua
- Terreno sujeto a inundación

Localidades urbanas
- Municipio de Benito Juárez
- De otros municipios

Localidades rurales (tamaño población)
- Más de 25
- 6 - 25
- Menos de 5
- Sin dato
- Otros municipios

Límites
- Municipio Benito Juárez
- Otros Municipios

Vías de comunicación
- Federal
- Estatal
- Cuota
- Otros
- Av. Principales
- Aeropuerto

Vegetación y suelo
- Vegetación densa
- Zona arenosa

LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ EN EL CONTEXTO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN



ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO 2018

Elaborado por:

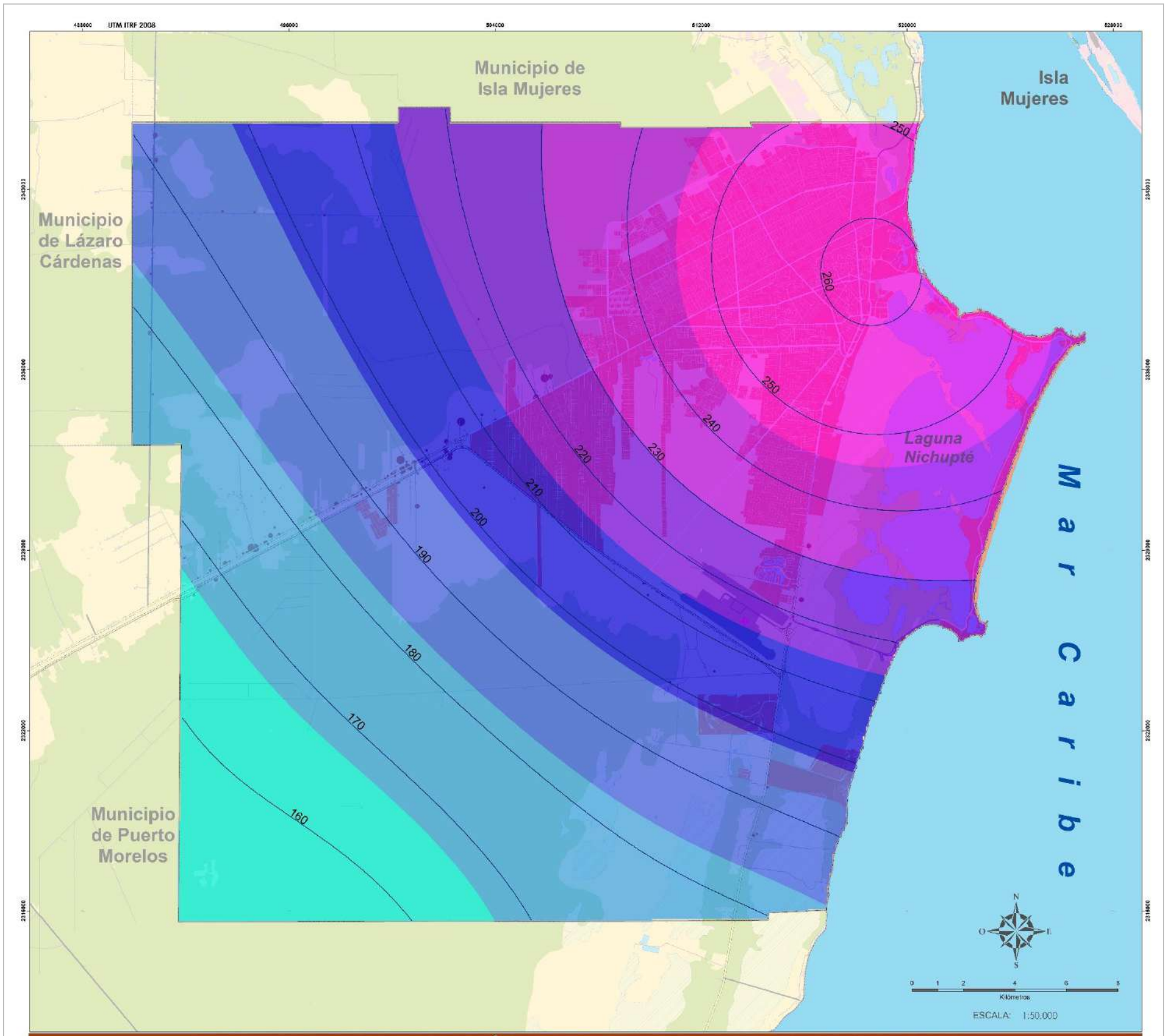
Universidad de Quintana Roo | División de Ciencias e Ingeniería

CIG Centro de Información Geográfica

Fuente:

MARCO GEOESTADISTICO, junio 2018 del INEGI. CARTAS TOPOGRÁFICAS a escala 1:50,000 del INEGI. Sistema de Información Geográfica del Extractor Rápido de Información Climatológica (SIG ERIC) ver. 1.0 (http://hidrosuperf.imta.mx/sig_eric/). CONAGUA (2017).

Agosto 2018



II.2.59 MAPA DE PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL (1961-2017): OCTUBRE

SIMBOLOGÍA

Precipitación promedio mensual (mm) octubre
- 245.88 - 261.63
- 230.13 - 245.87
- 214.37 - 230.12
- 198.62 - 214.36
- 182.86 - 198.61
- 167.11 - 182.85
- 151.34 - 167.1

Isoyetas a 10 mm

Hidrología
- Cuerpo de agua
- Terreno sujeto a inundación

Localidades urbanas
- Municipio de Benito Juárez
- De otros municipios

Localidades rurales (tamaño población)
- Más de 25
- 6 - 25
- Menos de 5
- Sin dato
- Otros municipios

Límites
- Municipio Benito Juárez
- Otros Municipios

Vías de comunicación
- Federal
- Estatal
- Cuota
- Otros
- Av. Principales
- Aeropuerto

Vegetación y suelo
- Vegetación densa
- Zona arenosa

LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ EN EL CONTEXTO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN



ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO 2018

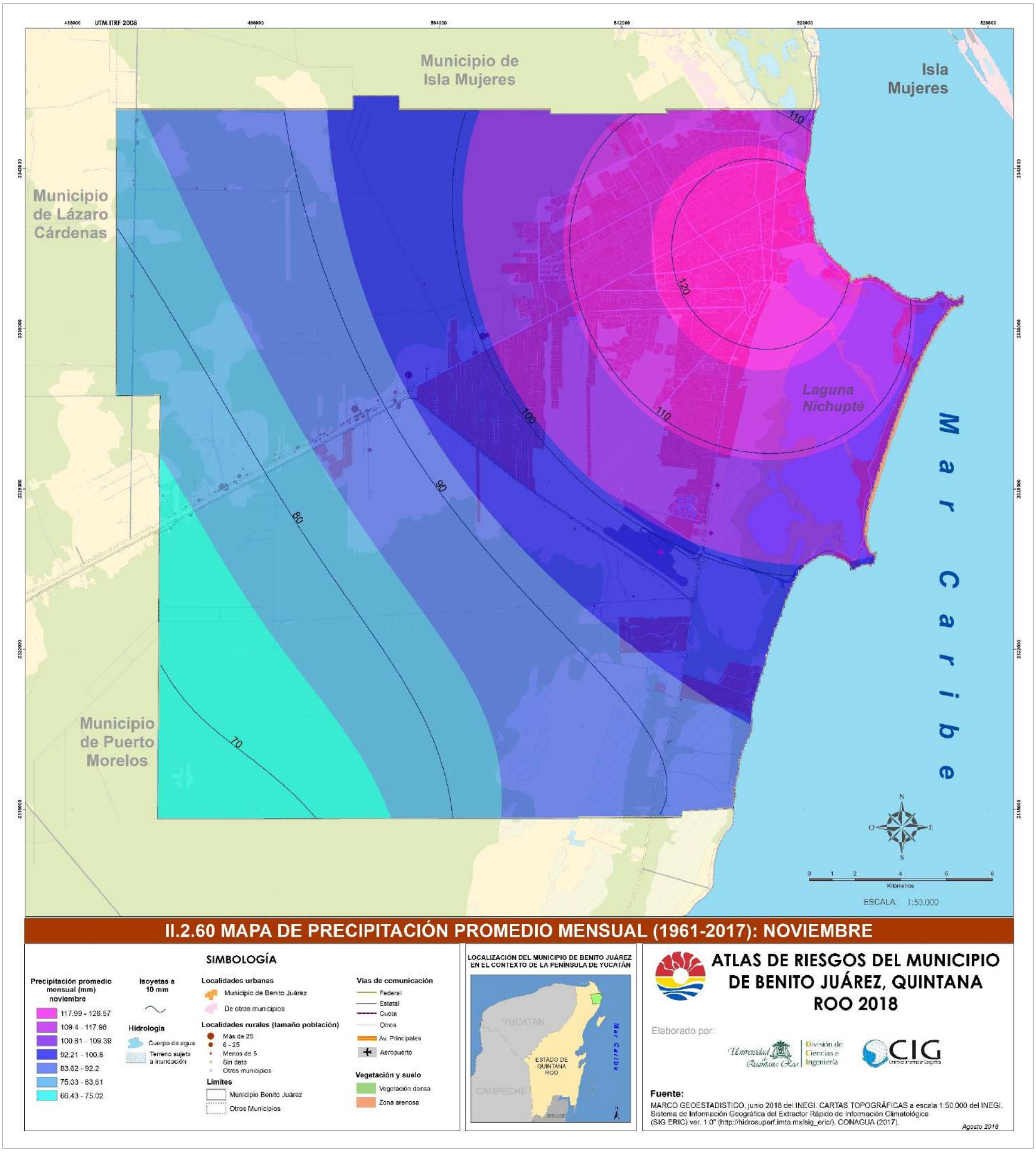
Elaborado por:

Universidad de Quintana Roo | División de Ciencias e Ingeniería | CIG Centro de Información Geográfica

Fuente:

MARCO GEOESTADISTICO, junio 2018 del INEGI. CARTAS TOPOGRÁFICAS a escala 1:50,000 del INEGI. Sistema de Información Geográfica del Extractor Rápido de Información Climatológica (SIG ERIC) ver. 1.0" (http://hidrosuperf.imta.mx/sig_eric/). CONAGUA (2017).

Agosto 2018



II.2.60 MAPA DE PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL (1961-2017): NOVIEMBRE

SIMBOLOGÍA

Precipitación promedio mensual (mm) noviembre
- 117.99 - 126.57
- 109.4 - 117.98
- 100.81 - 109.39
- 92.21 - 100.8
- 83.62 - 92.2
- 75.03 - 83.61
- 66.43 - 75.02

Isoyetas a 10 mm

Hidrología
- Cuerpo de agua
- Terreno sujeto a inundación

Localidades urbanas
- Municipio de Benito Juárez
- De otros municipios

Localidades rurales (tamaño población)
- Más de 25
- 6 - 25
- Menos de 5
- Sin dato
- Otros municipios

Límites
- Municipio Benito Juárez
- Otros Municipios

Vías de comunicación
- Federal
- Estatal
- Cuota
- Otros
- Av. Principales
- Aeropuerto

Vegetación y suelo
- Vegetación densa
- Zona arenosa

LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ EN EL CONTEXTO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO 2018

Elaborado por:

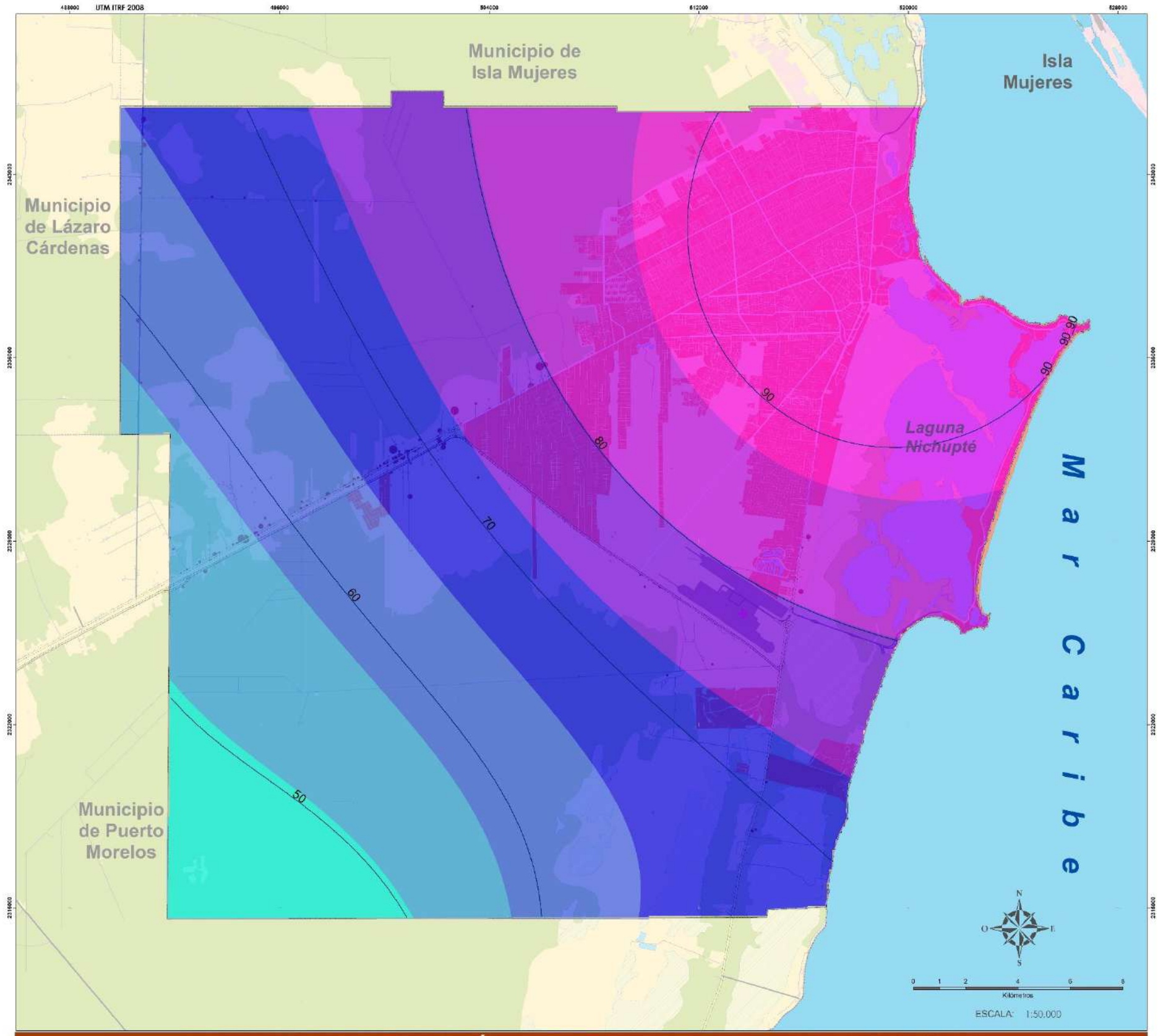
Universidad de Quintana Roo | División de Ciencias e Ingeniería

CIG Centro de Información Geográfica

Fuente:

MARCO GEOESTADISTICO, junio 2018 del INEGI. CARTAS TOPOGRÁFICAS a escala 1:50,000 del INEGI. Sistema de Información Geográfica del Extractor Rápido de Información Climatológica (SIG ERIC) ver. 1.0" (http://hidrosuperf.imta.mx/sig_eric/). CONAGUA (2017).

Agosto 2018



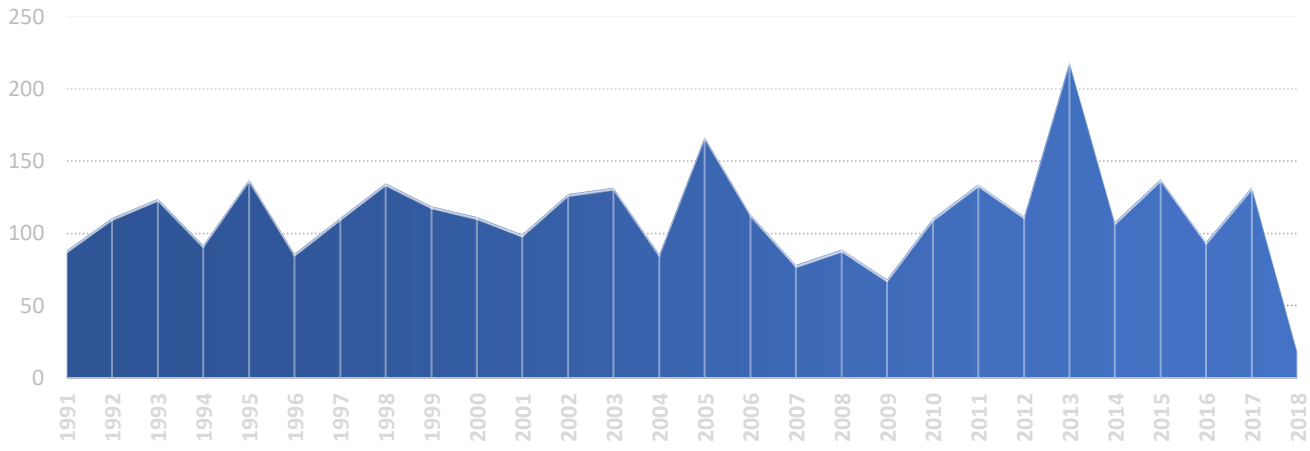
II.2.61 MAPA DE PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL (1961-2017): DICIEMBRE



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del SMN (http://smn.cna.gob.mx/es/informacion-limatologica-ver-estado?estado=qroo), CONAGUA. Consultado el 28 de diciembre de 2018.

Por otra parte, la ubicación del municipio en la región intertropical y particularmente en el Caribe, lo expone a eventos extremos como inundaciones y vientos fuertes (huracanes). En 1997 y 1998 el fenómeno del niño ocasiono grandes cambios en los regímenes de lluvias de manera que grandes extensiones del municipio se vieran afectadas por un periodo de sequía intensa. Desde el 2013 se han declarado emergencias para el municipio por lluvias extremas, siendo los meses octubre y noviembre cuando se presentan.

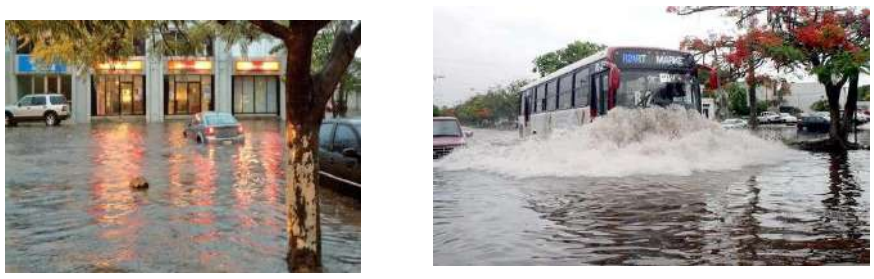
Gráfica 186. Promedio de precipitación mensual por año, periodo 1981 – 2017.



Fuente: Base de datos del Earth Resources Observation and Science (EROS) Center (https://www.usgs.gov/centers/eros). Consultado el 28 de diciembre de 2018.

En octubre de 2018 sufrió de lluvias fuertes e inundaciones en las avenidas principales de la localidad de Cancún.

Figura 48. Fotografías de la inundación en la localidad de Cancún.

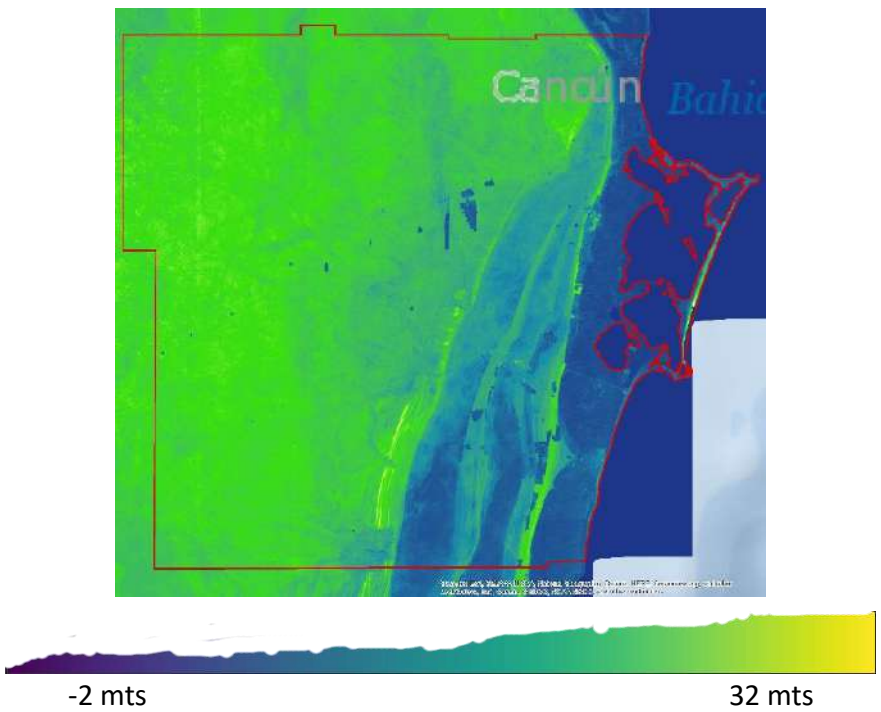


Fuente: Unión Cancún. Consultado el 28 de diciembre de 2018.

Fuente: La Jornada UNAM. Consultado el 28 de diciembre de 2018.

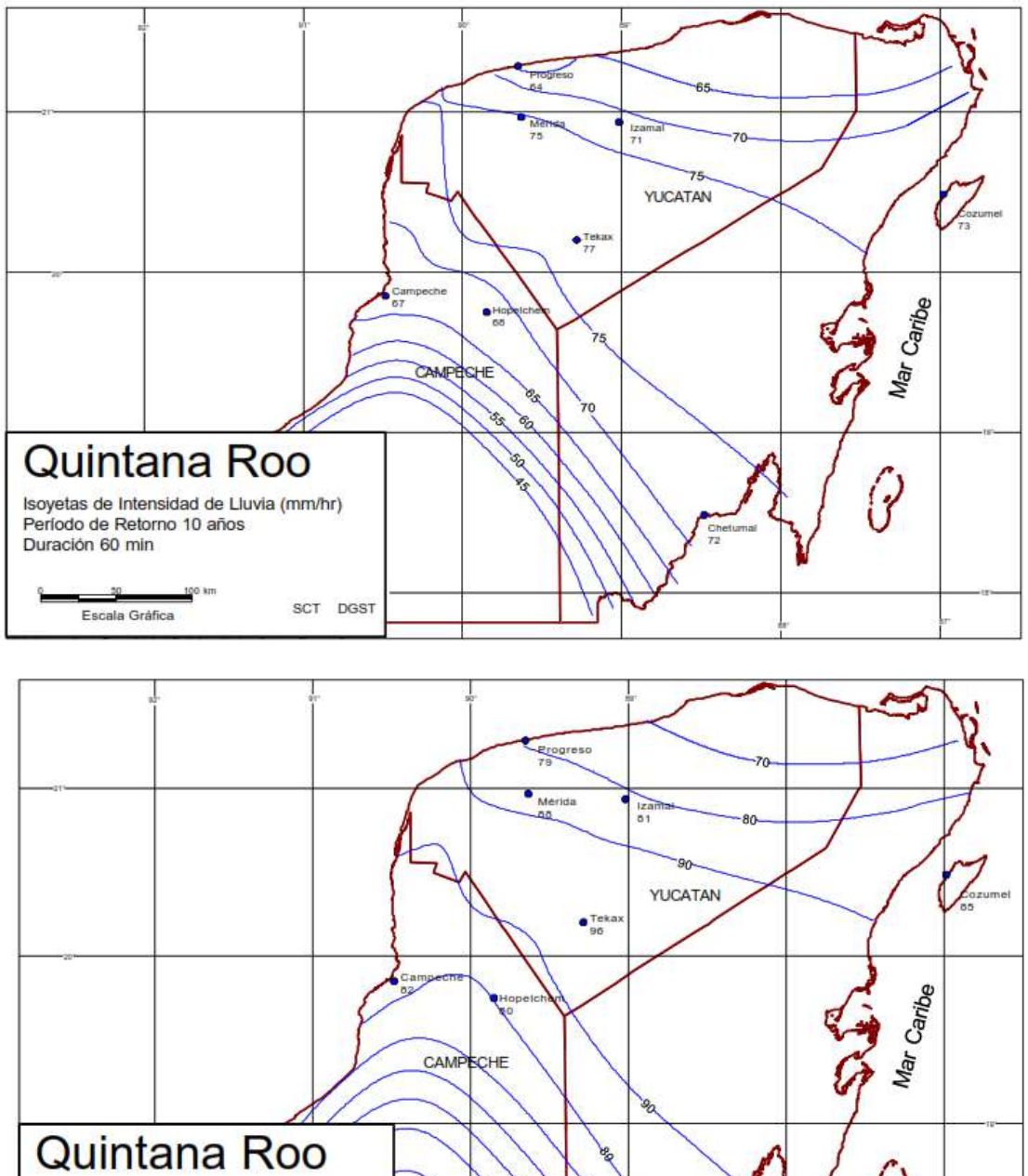
Para establecer los escenarios de peligro por inundación pluvial, en este atlas se utilizó la metodología establecida por CENAPRED (2014). La primera fase fue generar los mapas de peligro por inundación, donde se observan las superficies inundadas para diferentes periodos de retorno. Los insumos principales para tal efecto fueron el modelo digital de elevaciones provisto por el INEGI en su Continuo de Elevaciones Mexicano 3.0, con resolución espacial de 15 m (figura 48); y los mapas de periodos de retorno para 10, 25, 50 y 100 años generados por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (figura 49).

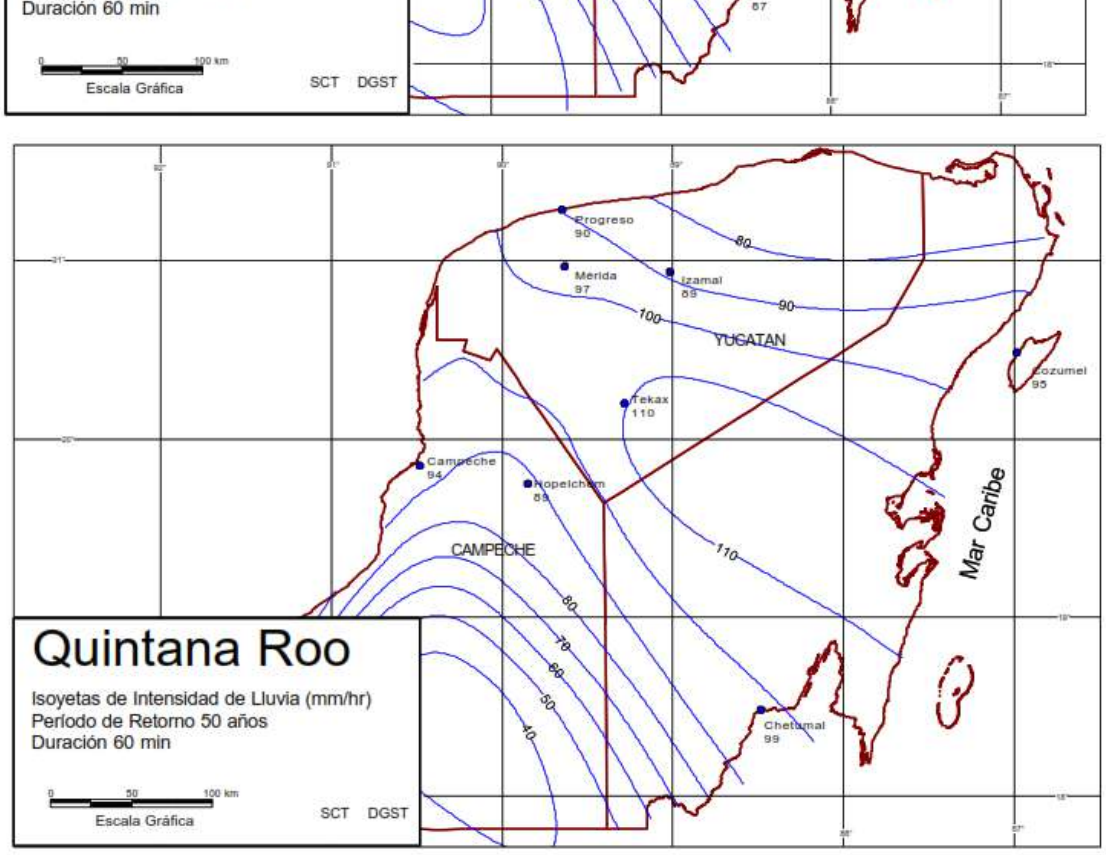
Figura 49. Altitud del terreno sobre el nivel del mar, escala 1: 50,000. Tamaño de píxel de 15 metros.

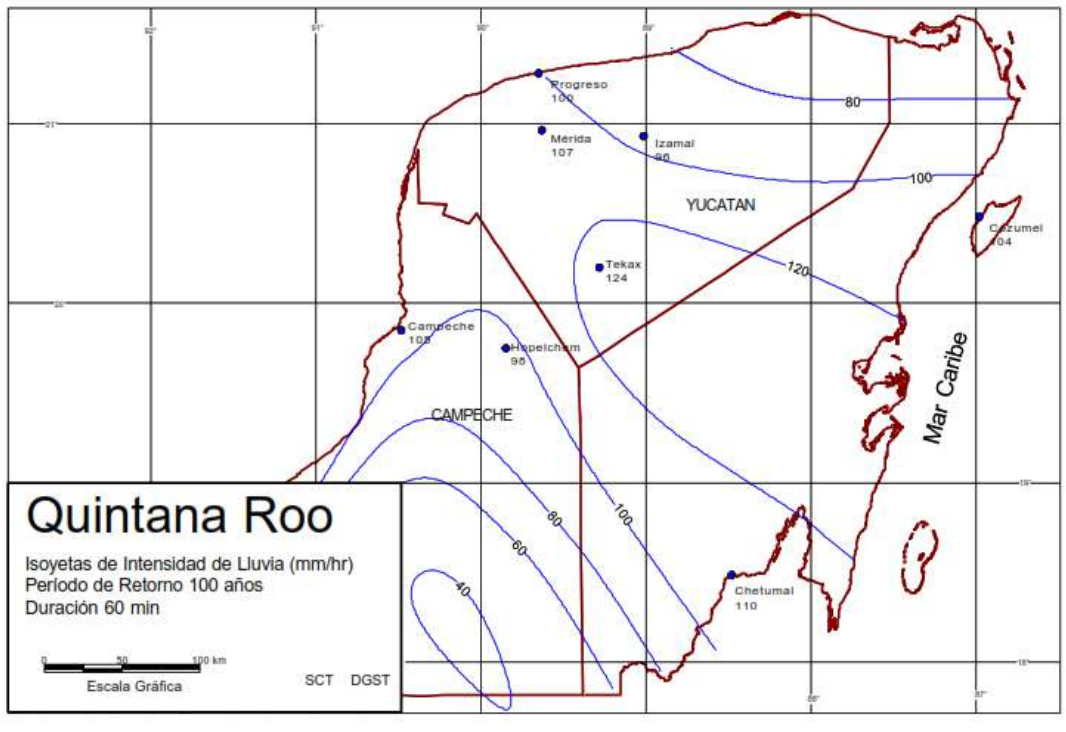


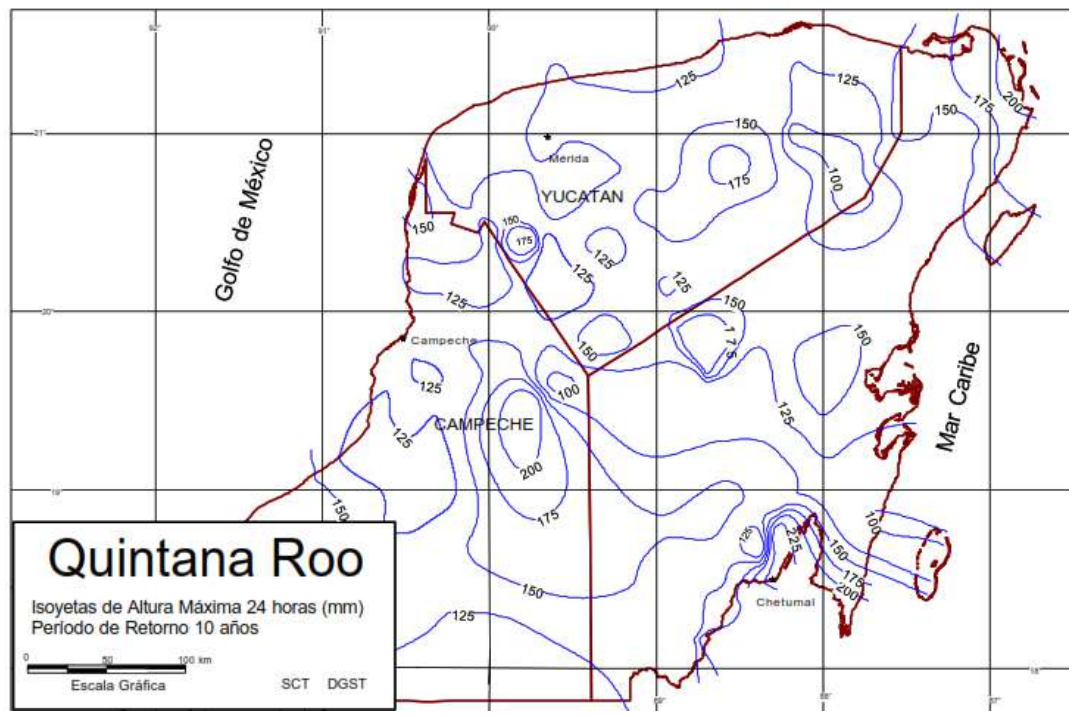
Fuente: Elaboración propia a partir del CEM del INEGI

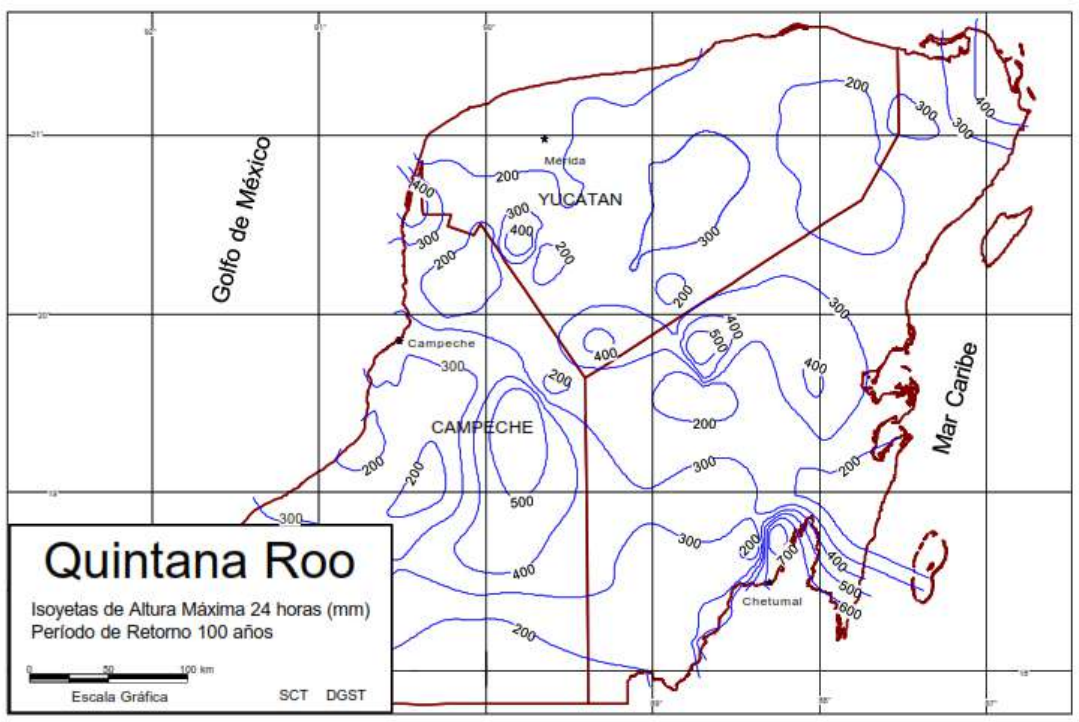
Figura 50. Isoyetas de altura máxima – Periodos de retorno (SCT).











Fuente: Isoyetas de altura máxima para periodos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años. (CONAGUA, 2018).

El primer paso fue la obtención de las cuencas hidrográficas y la red de drenaje a partir del modelo digital de elevaciones proporcionado por el INEGI, mismo que fue corregido para evitar la presencia de sumideros, es decir pixeles sin información de altitud del terreno (*sinks*), lo que representan un error de origen en los datos. Para ello se utilizaron herramientas de análisis hidrológico en sistemas de información geográfica que dieron como resultado 30 cuencas tal como se muestran en la Tabla 104 y la figura 50.

De igual forma, se generó una red de drenaje con 9 órdenes de magnitud, esta red de drenaje representa los cauces virtuales sobre los que viajarían los escurrimientos, es decir, la parte más baja de la cuenca. La cobertura de las cuencas y la red de drenaje excede los límites municipales ya que se busca que los escurrimientos provenientes de zonas fuera del municipio sean adecuadamente representados en el modelo de inundación.

Figura 51. Cuencas hidrográficas generadas a partir del MDE.



Fuente: Elaboración propia a partir del MDE del CEM.

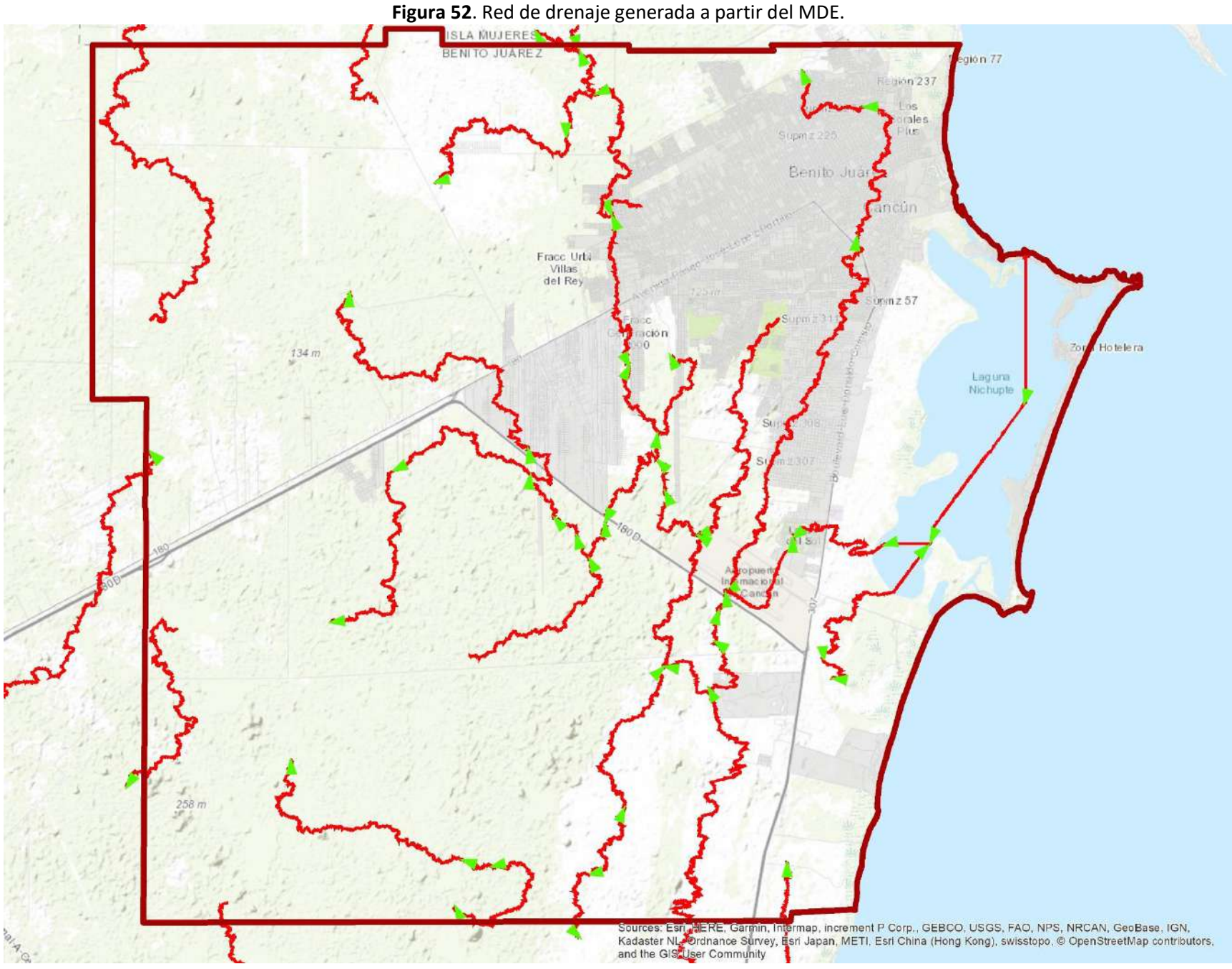
Tabla 104. Superficie de las cuencas generadas.

Cuenca	Superficie (km²)	Cuenca	Superficie (km²)
2	21.05	**180**	15.52
4	46.02	**182**	17.46
6	20.04	**184**	2.01
16	88.05	**186**	13.44
92	84.55	**188**	16.09
94	14.86	**190**	5.81
98	6.53	**194**	34.20
104	4.46	**196**	17.76
106	17.07	**198**	33.30
110	46.26	**200**	25.36
118	1.15	**202**	5.58
122	3.83	**206**	8.65
124	2.06	**208**	3.93
126	11.67	**210**	4.94
128	3.18	**246**	18.53
132	0.71	**248**	21.01
134	8.80	**250**	10.06
136	0.56	**252**	39.43
140	1.16	**286**	33.18
142	12.86	**298**	17.69
144	1.26	**344**	21.80
146	24.10	**362**	48.49
148	35.88	**370**	13.22
152	8.20	**372**	0.68
154	57.55	**376**	2.38

Cuenca	Superficie (km²)	Cuenca	Superficie (km²)
164	52.45	**378**	41.15
168	0.39	**418**	2.92
170	2.76	**422**	37.62
174	29.62	**428**	23.67
178	3.94	**430**	34.72

Fuente: Elaboración propia.

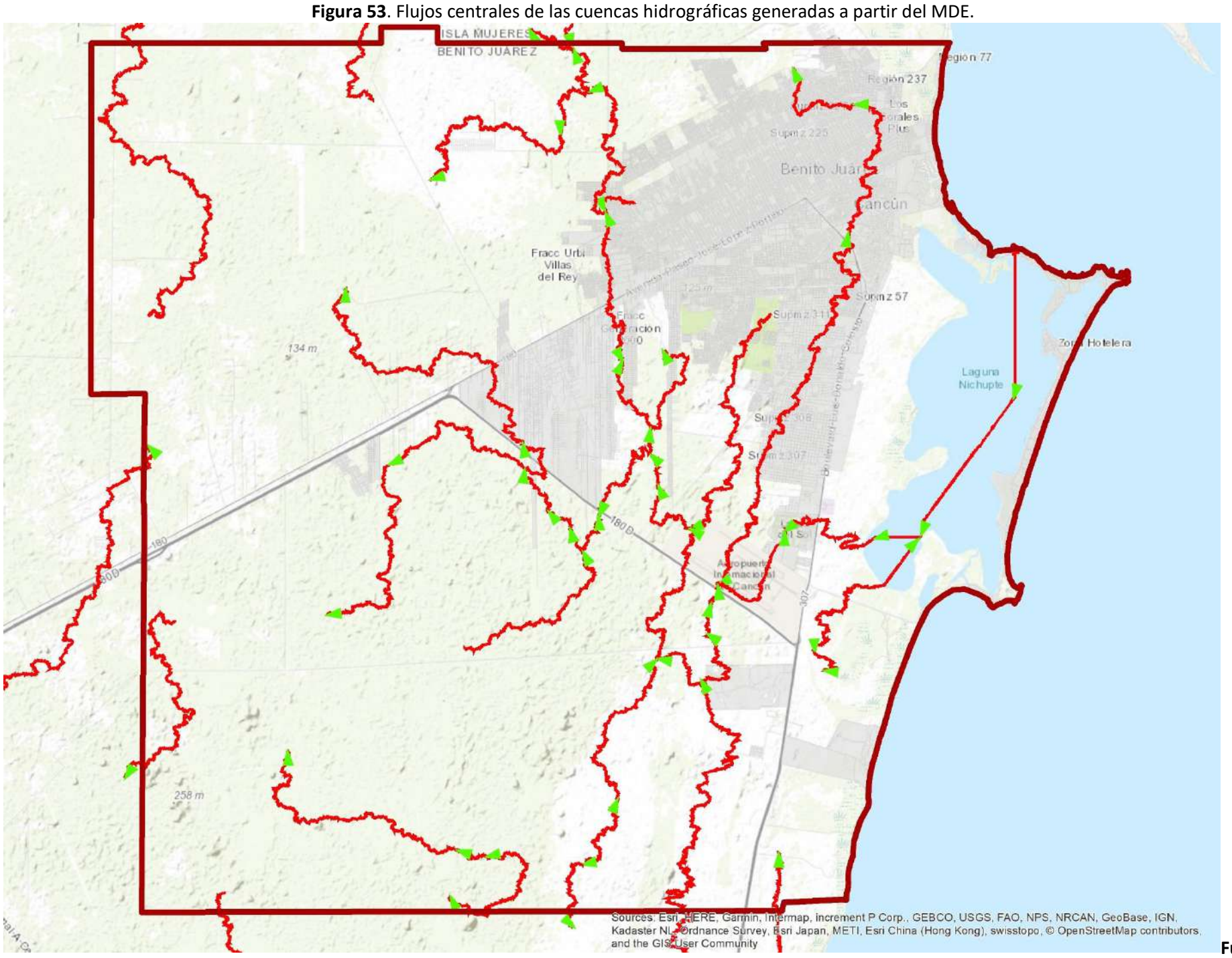
Figura 52. Red de drenaje generada a partir del MDE.



Fuente: Elaboración propia a partir del MDE del CEM 3.0. INEGI.

Para modelar los polígonos de inundación se estimaron los caudales de diseño de los flujos principales de cada cuenca que son aquellos en los que desemboca la red de drenaje de cada cuenca.

Figura 53. Flujos centrales de las cuencas hidrográficas generadas a partir del MDE.



Fuente: Elaboración propia a partir del MDE del CEM 3.0. INEGI.

Antes se calcularon las pendientes promedio utilizando la fórmula de Taylor – Schwartz.

$$S_{media} = \left[\frac{L}{1 + \frac{l_1}{\sqrt{S_1}} + \frac{l_2}{\sqrt{S_2}} + \cdots + \frac{l_m}{\sqrt{S_m}}} \right]^2$$

Donde S es la pendiente media del cauce principal; L es la longitud total del cauce principal; S1, S2, ..., Sm son las pendientes de cada tramo; y L1, L2, ..., Lm son las longitudes de cada tramo.

Tabla 105. Pendiente y longitud de los cauces principales.

Cuenca	Pendiente (grados)	Longitud (kms)	Cuenca	Pendiente (grados)	Longitud (kms)
2	0.003906447	15868.37716	**180**	0.0002366274	2197.547412
4	0.0000041989	14289.30374	**182**	0.0000391668	10468.04946
6	0.0000041989	14289.30374	**184**	0.0000769586	3638.320512
16	0.0001002242	36119.00792	**186**	0.0001647030	1457.168685
94	0.0000622060	10448.5475	**188**	0.0000552548	2895.675577
94	0.0000622060	10448.5475	**190**	0.0259431404	4050.053763
98	0.0004250000	5363.045402	**194**	0.0001485799	12787.73066
104	0.0013434519	5760.015449	**196**	0.0004110000	6564.903504
106	0.0107331263	23097.06439	**198**	0.0000246503	17443.99335
110	0.0039064473	15868.37716	**200**	0.0028122430	10429.78218
118	0.0009260000	1771.393811	**202**	0.0000320000	3398.391273

Cuenca	Pendiente (grados)	Longitud (kms)	Cuenca	Pendiente (grados)	Longitud (kms)
122	0.0000150000	4631.478125	**206**	0.0023171337	2353.69453
124	0.0000850000	3428.063706	**208**	0.0000360024	4999.664905
126	0.0002570000	9835.690615	**210**	0.0000360024	4999.664905
128	0.0000930000	4950.805415	**246**	0.0000360024	4999.664905
132	0.0001170000	1825.968814	**248**	0.0000823274	1700.527195
134	0.0001810000	5852.904496	**250**	0.0000520000	7290.058492
136	0.0010180000	1243.005974	**252**	0.0005435000	17007.43755
140	0.4143350000	1243.005974	**286**	0.0000552758	8864.636443
142	0.0001390000	1587.67607	**298**	0.0005435000	17007.43755
144	0.0003623972	3118.125251	**344**	0.0001002242	36119.00792
146	0.0003500000	9549.940598	**362**	0.0000826268	20937.51111
148	0.0001075066	13115.47148	**370**	0.0000195575	16362.00373
152	0.0004530000	4066.129839	**372**	0.0000195575	16362.00373
154	0.0066993541	20128.45711	**376**	0.0000195575	16362.00373
164	0.0001430000	10768.77147	**378**	0.0000195575	16362.00373
168	0.0000580000	1213.47696	**418**	0.0000520000	5021.734246
170	0.0036740000	4340.670598	**422**	0.0040257225	25008.31422
174	0.0004970000	8142.497758	**428**	0.0000764908	12086.13273
178	0.0212950000	1117.477892	**430**	0.0000876359	10612.08364

Fuente: Elaboración propia.

Utilizando la fórmula de *Kirpich* se calculó el tiempo de concentración de la cuenca, este valor nos dice en cuantos minutos la cuenca estaría aportando agua al punto de salida de la cuenca. Es decir, en cuanto tiempo la cuenca estaría llena y desbordando.

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

Donde L es la longitud del segmento de red y S la pendiente del mismo segmento.

Tabla 106. Tiempos de concentración de cada cuenca.

Cuenca	Tc	Cuenca	Tc
2	5.07	**180**	3.26
4	65.09	**182**	21.68
6	65.09	**184**	7.41
16	39.19	**186**	2.73
94	18.12	**188**	7.06
94	18.12	**190**	0.86
98	5.17	**194**	15.14
104	3.51	**196**	6.12
106	4.59	**198**	38.40
110	5.08	**200**	4.17
118	1.63	**202**	9.86
122	16.74	**206**	1.43
124	6.81	**208**	12.68
126	10.02	**210**	12.68
128	8.73	**246**	12.68
132	3.71	**248**	4.02
134	7.69	**250**	14.71
136	1.20	**252**	11.44
140	0.12	**286**	16.71
142	3.12	**298**	11.44
144	3.62	**344**	39.19
146	8.69	**362**	27.74
148	17.48	**370**	39.95
152	4.08	**372**	39.95
154	4.95	**376**	39.95

Cuenca	Tc	Cuenca	Tc
164	13.46	**378**	39.95
168	3.55	**418**	11.04
170	1.92	**422**	7.12
174	6.72	**428**	18.72
178	0.34	**430**	16.07

Fuente: Elaboración propia.

Para estimar la capacidad de la cuenca se utilizaron los mapas de precipitación máxima con intensidad de una hora y 24 horas y periodos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años generados por la SCT y la siguiente fórmula donde:

$$hp_{tc} = \frac{hp_{24} - hp_1}{3.1781}\left(ln(t_c)\right) + hp_1$$

hp_{tc}: valor de la precipitación para una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca en estudio, mm.

hp_{24}: valor de la precipitación para una duración de 24 horas y un determinado periodo de retorno, mm (SCT).

hp_1: valor de la precipitación para una duración de 1 hora y un determinado periodo de retorno, mm (SCT).

t_c: tiempo de concentración de la cuenca en estudio.

El gasto de diseño se calculó utilizando la fórmula racional, que es una de las más utilizadas actualmente. Este método considera que el gasto máximo se alcanza cuando la precipitación se mantiene con una intensidad constante durante un tiempo igual al tiempo de concentración. La fórmula racional es:

$$Q_P = 0.278\ \mathrm{C\ i\ A}$$

C: Coeficiente de escurrimiento, representa la fracción de la lluvia que escurre en forma directa. Varía entre 0 y 1.

i: intensidad media de la lluvia para una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca, mm/h

A: Área de la cuenca, km^2

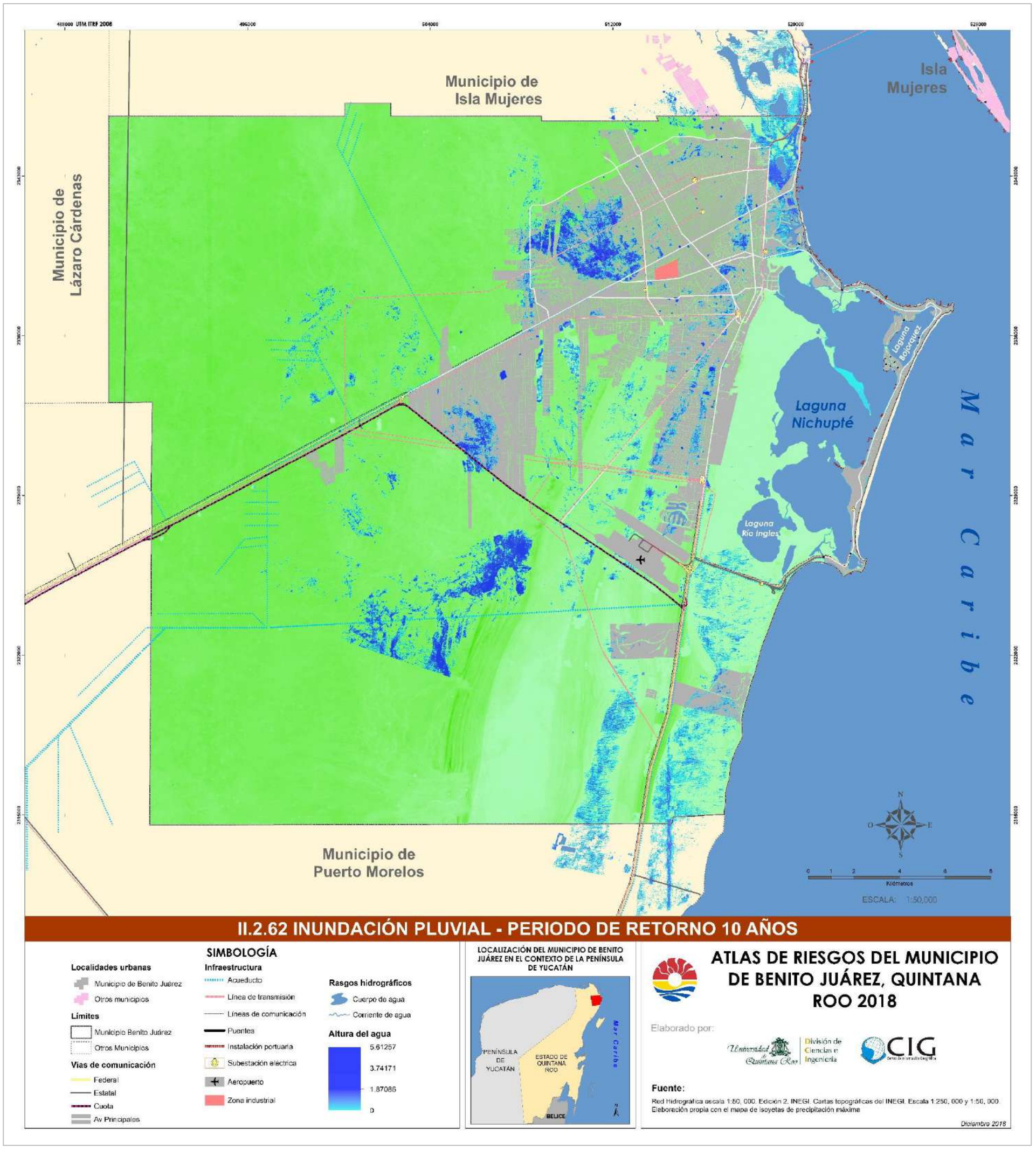
Tabla 107. Valor de la precipitación para un periodo de lluvia igual al tiempo de concentración de la cuenca (Hp), intensidad de la lluvia (i) y Gasto de diseño (Qp).

Cuenca	*Pr 10 (mm)*			*Pr 25 (mm)*			*Pr 50 (mm)*			*Pr 100 (mm)*		
	Hp (mm)	*i (mm/h)*	*Qp (m3/s)*	*Hp (mm)*	*i (mm/h)*	*Qp (m3/s)*	*Hp (mm)*	*i (mm/h)*	*Qp (m3/s)*	*Hp (mm)*	*i (mm/h)*	*Qp (m3/s)*
2	136.46	26.88	103.68	177.36	34.93	134.76	223.15	43.95	169.55	294.72	58.05	223.93
4	240.81	3.70	14.20	345.92	5.31	20.40	447.90	6.88	26.41	638.13	9.80	37.63
6	240.81	3.70	14.20	345.92	5.31	20.40	447.90	6.88	26.41	638.13	9.80	37.63
16	220.05	5.62	41.23	312.40	7.97	58.54	403.19	10.29	75.55	449.36	11.47	84.20
94	188.50	10.40	73.36	261.42	14.43	101.74	335.23	18.50	130.46	462.84	25.55	180.13
94	188.50	10.40	12.89	261.42	14.43	17.88	335.23	18.50	22.93	462.84	25.55	31.65
98	137.23	26.53	14.44	178.60	34.52	18.79	224.80	43.45	23.66	297.20	57.45	31.27
104	121.35	34.58	12.87	152.96	43.58	16.22	190.61	54.31	20.22	245.91	70.07	26.08
106	132.37	28.81	41.02	170.75	37.17	52.92	214.33	46.66	66.43	281.50	61.28	87.24
110	136.46	26.88	103.68	177.36	34.93	134.76	223.15	43.95	169.55	294.72	58.05	223.93
118	90.07	55.14	5.27	102.43	62.70	5.99	123.24	75.44	7.21	144.85	88.68	8.47
122	185.27	11.06	3.53	256.21	15.30	4.88	328.28	19.61	6.26	452.42	27.02	8.62
124	148.48	21.80	3.74	196.77	28.89	4.95	249.03	36.56	6.27	333.55	48.97	8.40
126	164.25	16.40	15.96	222.26	22.19	21.60	283.01	28.25	27.50	384.51	38.39	37.36
128	158.64	18.17	4.81	213.19	24.42	6.47	270.92	31.03	8.22	366.37	41.96	11.12
132	123.61	33.33	1.96	156.60	42.23	2.49	195.46	52.71	3.10	253.20	68.28	4.02
134	153.43	19.96	14.65	204.76	26.64	19.55	259.68	33.78	24.79	349.53	45.47	33.37
136	77.42	64.57	3.04	81.99	68.38	3.22	95.99	80.06	3.77	103.99	86.73	4.08
140	157.20	1325.36	128.41	210.87	1777.79	172.24	267.83	2257.98	218.76	361.74	3049.74	295.47

Cuenca	Pr 10 (mm)			Pr 25 (mm)			Pr 50 (mm)			Pr 100 (mm)		
	Hp (mm)	i (mm/h)	Qp (m3/s)	Hp (mm)	i (mm/h)	Qp (m3/s)	Hp (mm)	i (mm/h)	Qp (m3/s)	Hp (mm)	i (mm/h)	Qp (m3/s)
142	116.49	37.38	40.09	145.10	46.57	49.94	180.13	57.81	62.00	230.20	73.88	79.23
144	122.66	33.85	3.56	155.06	42.80	4.50	193.42	53.38	5.61	250.13	69.04	7.26
146	158.46	18.23	36.64	212.90	24.49	49.23	270.53	31.12	62.55	365.80	42.08	84.58
148	187.04	10.70	32.01	259.07	14.82	44.34	332.09	18.99	56.84	458.14	26.20	78.41
152	127.50	31.26	21.37	162.89	39.94	27.31	203.86	49.98	34.17	265.79	65.16	44.55
154	135.46	27.34	131.23	175.74	35.47	170.25	220.99	44.61	214.09	291.48	58.83	282.38
164	176.34	13.10	57.31	241.78	17.96	78.58	309.04	22.96	100.44	423.56	31.47	137.66
168	121.79	34.34	1.10	153.66	43.32	1.39	191.55	54.00	1.73	247.32	69.73	2.24
170	96.60	50.42	11.60	112.97	58.96	13.56	137.29	71.65	16.48	165.94	86.60	19.92
174	147.92	22.02	54.39	195.87	29.15	72.02	247.82	36.89	91.12	331.73	49.38	121.97
178	26.19	76.43	25.09	140.78	410.87	134.90	174.37	508.91	167.09	221.55	646.62	212.30
180	118.35	36.29	46.98	148.10	45.42	58.79	184.14	56.47	73.10	236.21	72.44	93.77
182	195.84	9.03	13.15	273.28	12.60	18.35	351.05	16.19	23.57	486.57	22.44	32.67
184	151.92	20.51	3.43	202.33	27.31	4.57	256.44	34.61	5.80	344.66	46.52	7.79
186	111.12	40.67	45.57	136.42	49.93	55.95	168.56	61.69	69.13	212.84	77.89	87.29
188	149.95	21.24	28.50	199.14	28.21	37.85	252.19	35.72	47.93	338.29	47.92	64.30
190	63.63	74.35	36.03	59.72	69.77	33.81	66.29	77.45	37.53	59.43	69.44	33.65
194	181.15	11.97	34.13	249.55	16.48	47.02	319.40	21.10	60.18	439.10	29.00	82.74
196	144.13	23.54	34.86	189.74	30.99	45.90	239.66	39.14	57.97	319.48	52.17	77.28
198	219.22	5.71	15.86	311.05	8.10	22.50	401.40	10.45	29.04	562.09	14.64	40.66
200	128.42	30.79	65.12	164.37	39.41	83.36	205.83	49.35	104.38	268.74	64.43	136.28
202	163.59	16.60	7.73	221.18	22.44	10.45	281.58	28.57	13.31	382.37	38.80	18.07
206	84.58	59.22	42.73	93.55	65.50	47.27	111.41	78.00	56.29	127.11	88.99	64.22
208	173.89	13.72	4.50	237.83	18.76	6.15	303.77	23.96	7.85	415.66	32.78	10.75
210	173.89	13.72	5.65	237.83	18.76	7.73	303.77	23.96	9.87	415.66	32.78	13.50
246	173.89	13.72	21.19	237.83	18.76	28.98	303.77	23.96	37.02	415.66	32.78	50.65
248	126.90	31.57	55.32	161.92	40.29	70.58	202.56	50.40	88.29	263.84	65.64	115.00
250	179.98	12.23	10.26	247.67	16.83	14.12	316.89	21.54	18.07	435.33	29.59	24.83
252	169.71	14.83	48.76	231.07	20.19	66.40	294.75	25.75	84.70	402.13	35.14	115.55
286	185.18	11.08	30.67	256.06	15.33	42.41	328.08	19.64	54.34	452.12	27.06	74.89
298	169.71	14.83	21.87	231.07	20.19	29.78	294.75	25.75	37.99	402.13	35.14	51.83
344	220.05	5.62	10.21	312.40	7.97	14.49	403.19	10.29	18.70	449.36	11.47	20.84
362	205.92	7.42	30.02	289.56	10.44	42.21	372.75	13.44	54.34	519.13	18.71	75.68
370	220.85	5.53	6.09	313.68	7.85	8.65	404.90	10.13	11.17	567.35	14.20	15.65
372	220.85	5.53	0.31	313.68	7.85	0.45	404.90	10.13	0.58	567.35	14.20	0.81
376	220.85	5.53	1.10	313.68	7.85	1.56	404.90	10.13	2.02	567.35	14.20	2.82
378	220.85	5.53	18.97	313.68	7.85	26.95	404.90	10.13	34.78	567.35	14.20	48.74
418	168.24	15.24	3.70	228.70	20.71	5.04	291.60	26.41	6.42	397.40	35.99	8.75
422	150.32	21.10	66.20	199.74	28.04	87.97	252.99	35.51	111.42	339.48	47.65	149.51
428	189.83	10.14	20.02	263.57	14.08	27.80	338.09	18.06	35.66	467.14	24.96	49.28
430	183.59	11.42	33.08	253.49	15.77	45.68	324.66	20.20	58.50	446.98	27.82	80.54

Fuente: Elaboración propia.

Con estas variables calculadas, la red de drenaje de cada cuenca y la topografía del terreno (MDE) se estimaron los escenarios de peligro basados en el modelo hidráulico propuesto por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos (USACE, 2002) en su software HecRAS, que es recomendado por el CENAPRED.



II.2.62 INUNDACIÓN PLUVIAL - PERIODO DE RETORNO 10 AÑOS

SIMBOLOGÍA

Localidades urbanas
- Municipio de Benito Juárez
- Otros municipios

Límites
- Municipio Benito Juárez
- Otros Municipios

Vías de comunicación
- Federal
- Estatal
- Cuota
- Av Principales

Infraestructura
- Acueducto
- Línea de transmisión
- Líneas de comunicación
- Puentes
- Instalación portuaria
- Subestación eléctrica
- Aeropuerto
- Zona industrial

Rasgos hidrográficos
- Cuerpo de agua
- Corriente de agua

Altura del agua
- 5.61257
- 3.74171
- 1.87086
- 0

LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ EN EL CONTEXTO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO 2018

Elaborado por:

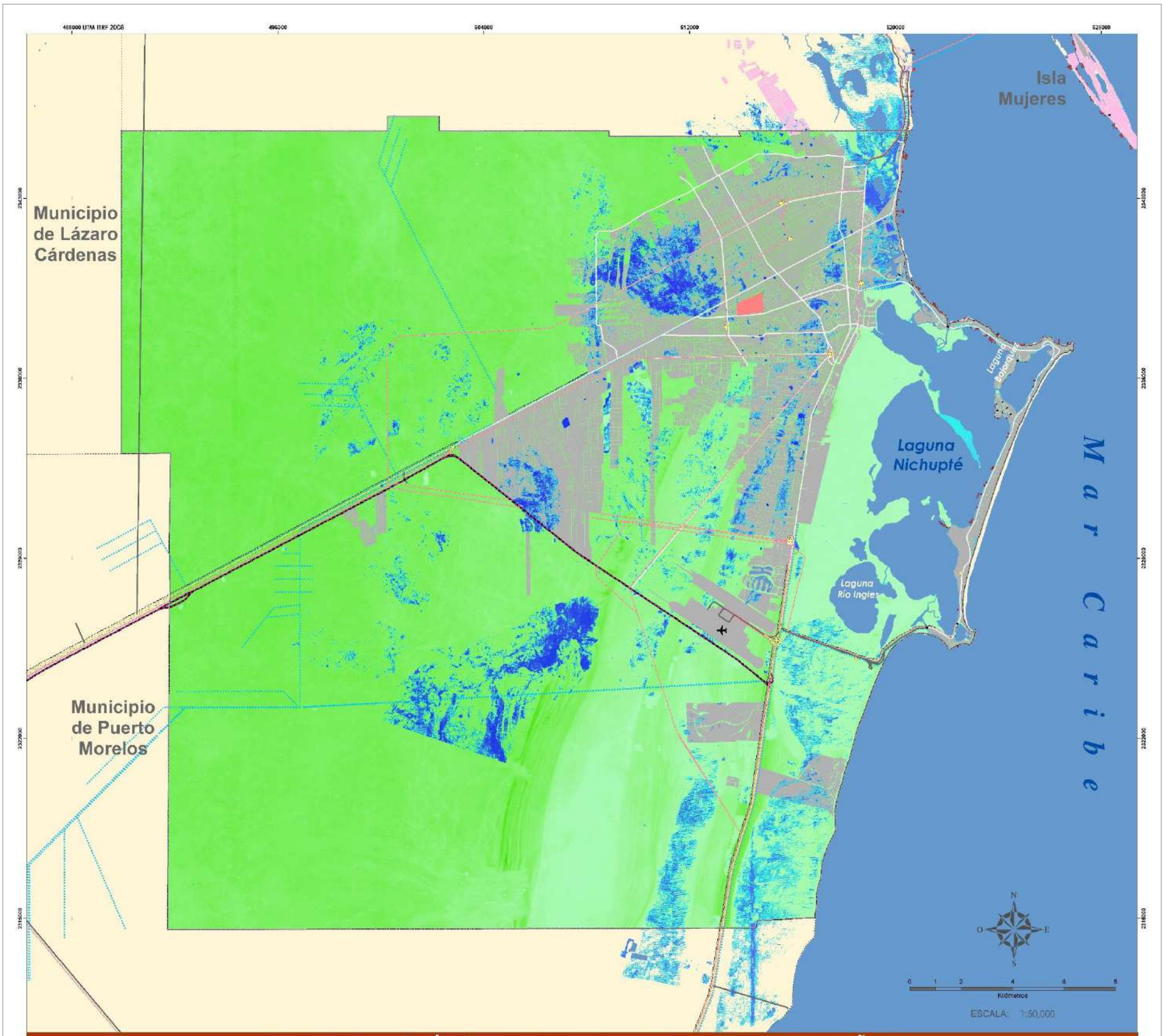
Universidad de Quintana Roo | División de Ciencias e Ingeniería

CIG

Fuente:

Red Hidrográfica escala 1:50, 000. Edición 2. INEGI. Cartas topográficas del INEGI. Escala 1:250, 000 y 1:50, 000. Elaboración propia con el mapa de isoyetas de precipitación máxima

Diciembre 2018



II.2.63 INUNDACIÓN PLUVIAL - PERIODO DE RETORNO 25 AÑOS

SIMBOLOGÍA

Localidades urbanas
- Municipio de Benito Juárez
- Otros municipios

Límites
- Municipio Benito Juárez
- Otros Municipios

Vias de comunicación
- Federal
- Estatal
- Cuota
- Av Principales

Infraestructura
- Acueducto
- Línea de transmisión
- Líneas de comunicación
- Puentes
- Instalación portuaria
- Subestación eléctrica
- Aeropuerto
- Zona industrial

Rasgos hidrográficos
- Cuerpo de agua
- Corriente de agua

Altura del agua
5.69342
3.79561
1.89781
0

LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ EN EL CONTEXTO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN



ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO 2018

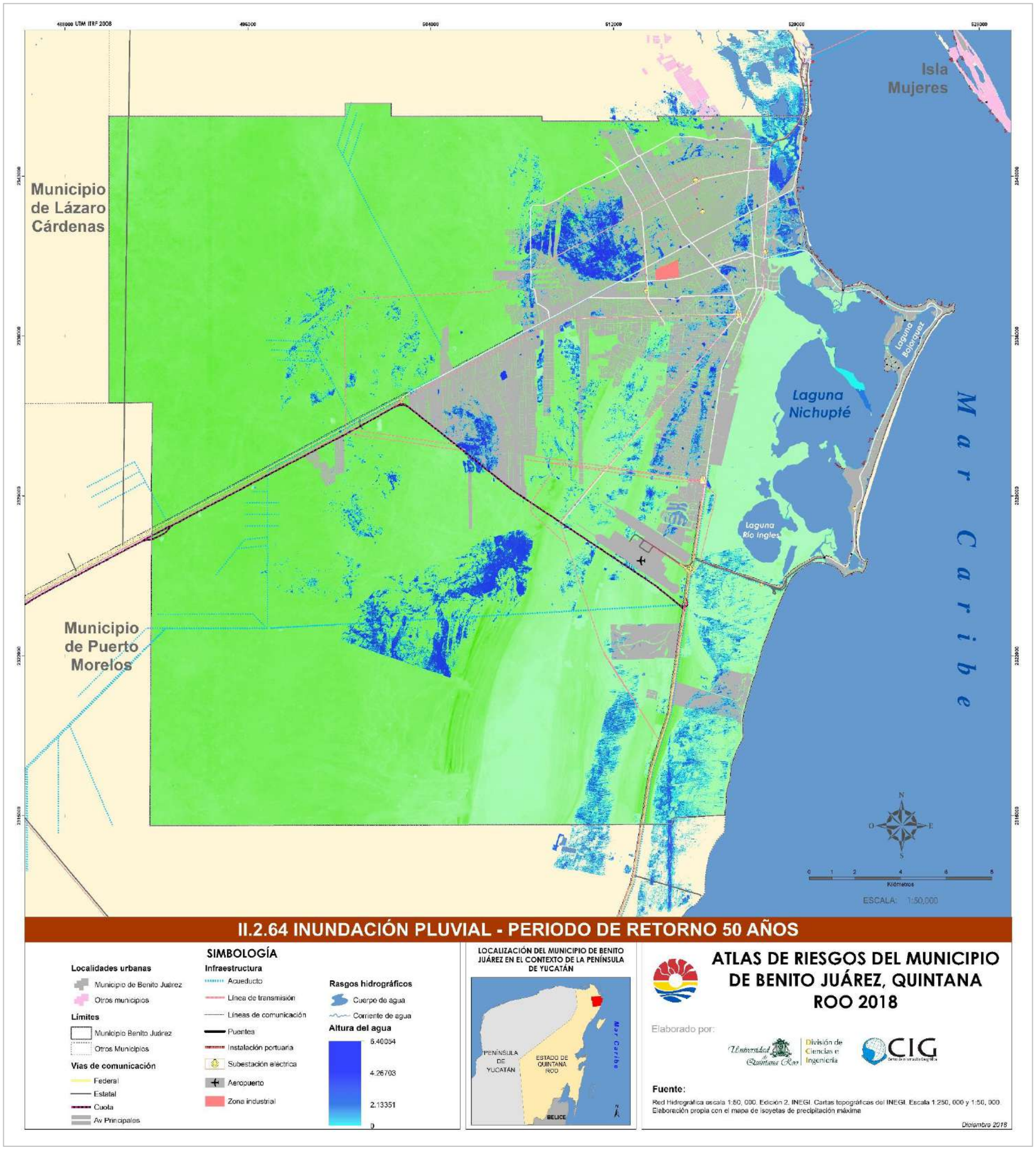
Elaborado por:

Universidad de Quintana Roo | División de Ciencias e Ingeniería | CIG

Fuente:

Red Hidrográfica escala 1:50, 000. Edición 2. INEGI. Cartas topográficas del INEGI. Escala 1:250, 000 y 1:50, 000. Elaboración propia con el mapa de isoyetas de precipitación máxima

Diciembre 2018



II.2.64 INUNDACIÓN PLUVIAL - PERIODO DE RETORNO 50 AÑOS

SIMBOLOGÍA

Localidades urbanas
- Municipio de Benito Juárez
- Otros municipios

Límites
- Municipio Benito Juárez
- Otros Municipios

Vias de comunicación
- Federal
- Estatal
- Cuota
- Av Principales

Infraestructura
- Acueducto
- Línea de transmisión
- Líneas de comunicación
- Puentes
- Instalación portuaria
- Subestación eléctrica
- Aeropuerto
- Zona industrial

Rasgos hidrográficos
- Cuerpo de agua
- Corriente de agua

Altura del agua
6.40054
4.26703
2.13351
0

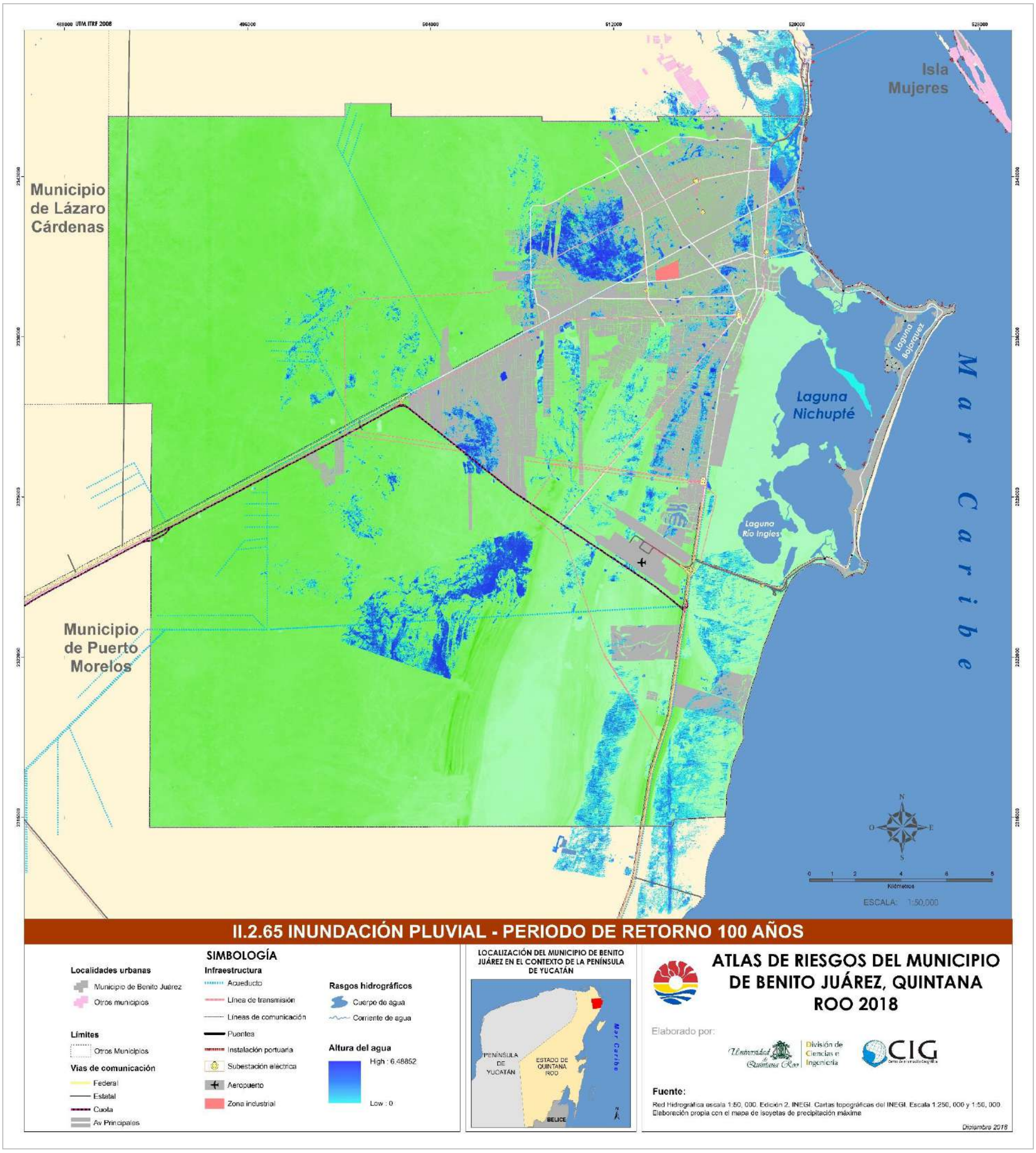
LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ EN EL CONTEXTO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO 2018

Elaborado por:
Universidad de Quintana Roo | División de Ciencias e Ingeniería
CIG

Fuente:
Red Hidrográfica escala 1:50, 000. Edición 2. INEGI. Cartas topográficas del INEGI. Escala 1:250, 000 y 1:50, 000.
Elaboración propia con el mapa de isoyetas de precipitación máxima

Diciembre 2018



Los mapas anteriores son resultado de un análisis en el que se estimaron las zonas de inundación para el municipio y para cada periodo de retorno, coincidiendo que a un mayor tiempo de retorno se presenta un área inundada mayor, esto señala el comportamiento adecuado del modelo que se usó.

Estos modelos son una importante herramienta de apoyo, que puede ser utilizada para la optimización de los planes de ordenamiento territorial de las ciudades, la optimización de los sistemas de alerta y emergencia, el diseño de obras de protección y la evaluación del riesgo.

FASE III. VULNERABILIDAD

3.1 Vulnerabilidad Social

La vulnerabilidad se define como la susceptibilidad o propensión de los sistemas expuestos a ser afectados o dañados por el efecto de un fenómeno perturbador, es decir, el grado de pérdidas esperadas. En términos generales pueden distinguirse dos tipos: la vulnerabilidad física y la vulnerabilidad social. La primera es más factible de cuantificarse, por ejemplo; la resistencia que ofrece una construcción ante las fuerzas de los vientos producidos por un huracán. A diferencia de la segunda, la cual puede valorarse cualitativamente y es relativa, ya que está relacionada con aspectos económicos, educativos, culturales, así como el grado de preparación de las personas.

Para medir la vulnerabilidad social en el municipio de Benito Juárez se empleó la metodología de CENAPRED (2006) de la Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. Evaluación de la vulnerabilidad física y social. Capítulo II. Vulnerabilidad social.

Para efectos de esta metodología, el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) define a la vulnerabilidad social asociada a los desastres naturales, como “el conjunto de características sociales y económicas de la población que limita la capacidad de desarrollo de la sociedad; en conjunto con la capacidad de prevención y respuesta de esta frente a un fenómeno y la percepción local del riesgo de la población”.

Uno de los primeros pasos que se realizó fue la caracterización de los elementos del medio natural, sociales, demográficos y económicos del municipio de Benito Juárez, asimismo para medir la vulnerabilidad social del municipio se consideraron los indicadores socioeconómicos.

Los indicadores socioeconómicos se dividen en cinco categorías: salud, educación, vivienda, empleo e ingresos y población; de igual forma, estas se subdividen en 18 indicadores, los cuales se obtienen a partir de datos estadísticos; tres referentes a salud, tres relativos a educación, seis para vivienda, tres para empleo e ingresos y tres para población.

Los indicadores a nivel municipal fueron calculados con base a la información de la Encuesta Intercensal 2015 y a nivel localidad con datos del Censo de Población y Vivienda 2010. Cabe mencionar que no fue posible utilizar todos los indicadores, ya que el INEGI dejó de publicar algunas variables en el Censo de Población y Vivienda 2010 y dos de ellos no pudieron compararse. En este caso se utilizaron 18 a nivel municipal y 14 a nivel localidad para determinar el grado de vulnerabilidad.

Para poder calcular la vulnerabilidad social asociada a desastres, la metodología señala el cálculo de indicadores socioeconómicos ya establecidos en las fichas elaboradas por CENAPRED, estos indicadores tienen valores que van de 0 a 1, donde 1 corresponde al nivel más alto de vulnerabilidad y 0 al nivel más bajo, lo anterior permitirá una aproximación al grado de vulnerabilidad de la población con base en sus condiciones sociales y económicas, que es un parámetro para medir las posibilidades de organización y recuperación después de un desastre. El resultado obtenido será la calificación final de las características socioeconómicas y la obtención del grado de vulnerabilidad social del municipio.

Análisis a nivel municipal

Indicadores socioeconómicos de Salud

Estos indicadores reflejan las condiciones de salud de la población, los cuales son necesarios para conocer a que servicios básicos de salud se tiene acceso y a la capacidad de atención de estos.

En la Tabla 108, se puede observar que los indicadores de salud sumaron una calificación de 0 con base a los rangos preestablecidos e incluidos en la plantilla. El procedimiento para llegar a este es el siguiente: en el indicador Médicos por habitante se observa que en el municipio existen 1.42 médicos por cada mil habitantes, a este indicador se le dio una calificación de 0 por encontrarse dentro del rango Muy Bajo.

De igual forma, en el indicador tasa de mortalidad se obtuvo un valor de 14.77%, dicho valor corresponde al rango de Muy Bajo, por lo que se le asignó la calificación de 0.

Por último y siguiendo la misma metodología el indicador de porcentaje de población no derechohabiente es de 22.21%, con un grado de vulnerabilidad Muy Bajo, por lo que se le asignó la calificación de 0.

La calificación total para los indicadores de salud suma 0.0, esta calificación se promediará al final para obtener un valor final de las características socioeconómicas del municipio.

Tabla 108. Indicadores socioeconómicos de salud del Municipio de Benito Juárez.

Sector	Variable	Rangos	Grado de Vulnerabilidad	Valor asignado	Rango del municipio	Calificación
Salud	Médicos por cada 1000 habitantes	De 0.20 a 0.39 Médicos por cada 1,000 habitantes	Muy bajo	1.00	1.42	0.00
		De 0.4 a 0.59 Médicos por cada 1,000 habitantes	Alto	0.75		
		De 0.6 a 0.79 Médicos por cada 1,000 habitantes	Medio	0.50		
		De 0.8 a 0.99 Médicos por cada 1,000 habitantes	Bajo	0.25		
		Uno o más Médicos por cada 1,000 habitantes	**Muy Bajo**	**0.00**		
	Tasa de Mortalidad	De 17.2 a 27.1	**Muy Baja**	**0.00**	14.77	0.00
		De 27.2 a 37.0	Bajo	0.25		
		De 37.1 a 47.0	Medio	0.50		
		De 47.1 a 56.9	Alto	0.75		
		57.0 ó más	Muy Alto	1		
	Porcentaje de la población no derechohabiente	De 17.63 a 34.10	**Muy Bajo**	**0.00**	22.21	0.00
		De 34.11 a 50.57	Bajo	0.25		
		De 50.58 a 67.04	Medio	0.50		
		De 67.05 a 83.51	Alto	0.75		
		83.52 ó más	Muy Alto	1.00		
				Total sector de salud	**0.00**	

Fuente: Elaboración propia con base a información del INEGI. Anuario estadístico y geográfico de Quintana Roo 2017. Encuesta Intercensal 2015.

Indicadores socioeconómicos de Educación

Las características educativas influyen directamente en la adopción de actitudes y conductas preventivas y de autoprotección de la población, asimismo, pueden mejorar sus conocimientos sobre fenómenos y riesgos. El nivel educativo influye en gran medida en el aumento de las capacidades para la gestión de una emergencia, ya que un mayor porcentaje de la población que sepa leer facilita la comunicación de las autoridades en materia de gestión de estas amenazas.

Los indicadores socioeconómicos de Educación resaltan que el 2.34% de la población del municipio de Benito Juárez es analfabeta. En base a la tabla de rangos proporcionados, se le asignó la calificación de 0 al ser considerado un porcentaje de analfabetismo Muy Bajo.

De igual forma, la población de 6 a 14 años tiene una demanda educativa del 98.30%, este indicador refleja la sobrecarga de ocupación en la educación básica del municipio. Debido a lo anterior, se le asignó una calificación de 0 obteniendo un grado de vulnerabilidad Muy Baja.

El grado promedio de escolaridad de la población es de 10 años, a este indicador se le asignó una calificación de 0 de acuerdo con los rangos proporcionados para este mismo, correspondiéndole un grado de vulnerabilidad Muy Bajo, lo que significa que su población supera el tercer grado de secundaria.

La calificación total para los indicadores de educación suma 0.00 (Tabla 109), esta calificación se promediará para obtener un valor final de las características socioeconómicas del municipio.

Tabla 109. Indicadores socioeconómicos de educación del Municipio de Benito Juárez

Sector	Variable	Rangos	Grado de Vulnerabilidad	Valor asignado	Rango del municipio	Calificación
Educación	Porcentaje de analfabetismo	De 1.07 a 15.85	**Muy Bajo**	**0.00**	**2.34**	**0.00**
		De 15.86 a 30.63	Bajo	0.25		
		De 30.64 a 45.41	Medio	0.50		
		De 45.42 a 60.19	Alto	0.75		
		60.20 o más	Muy Alto	1.00		
	Porcentaje de la demanda en educación básica (población de 6 a 14 años)	De 42.72 a 54.17	Muy Alto	1.00	**98.30**	**0.00**
		De 54.18 a 65.62	Alta	0.75		
		De 65.63 a 77.07	Medio	0.50		
		De 77.08 a 88.52	Bajo	0.25		
		88.53 o más	**Muy Bajo**	**0.00**		
	Grado promedio de escolaridad	De 1 a 3.2	Muy Alto	1.00	**10**	**0.00**
		De 3.3 a 5.4	Alto	0.75		
		De 5.5 a 7.6	Medio	0.50		
		De 7.7 a 9.8	Bajo	0.25		
		De 9.9 o más	**Muy Bajo**	**0.00**		
Total sector de Educación					**0.00**	

Fuente: INEGI. Principales resultados de la Encuesta Intercensal 2015.

Indicadores socioeconómicos de Vivienda

La vulnerabilidad de una vivienda, en una de sus tantas facetas, se reflejará tanto en los materiales de construcción, como en los servicios básicos con los que cuenta o de los que carece. Para efectos de esta metodología se han tomado seis indicadores que permitirán establecer el grado de vulnerabilidad de la población con respecto a la calidad de su vivienda. Los primeros indicadores se refieren al número de viviendas que no cuentan con los servicios básicos (agua, luz y drenaje) ya que reflejarán una aproximación a la cantidad de viviendas que no cuenta con los satisfactores de necesidades básicas y de saneamiento de la población, lo cual incide directamente tanto en la comodidad, como en condiciones de salud de la población.

En el sector vivienda la población que no cuenta con agua entubada representa un 3.0% (Tabla 109) debido a los rangos de esta variable, se considera al municipio de Benito Juárez con un grado de vulnerabilidad Muy Bajo por lo que se le asignó la calificación de 0, esto quiere decir que en caso de un desastre natural no retrasaría las labores de atención para el municipio.

De igual forma, y siguiendo con el indicador de vivienda se observa que el 0.5% del total de la población no cuenta con el servicio de drenaje teniendo un grado de vulnerabilidad Muy Baja con una calificación de 0.00.

Las viviendas que no cuentan con el servicio de electricidad son de 0.8%, el indicador excluye a la población de formas de comunicación, asimismo la capacidad de respuesta se puede retrasar. A este indicador se les asignó un valor de 0, ya que se consideró que es Muy Bajo el porcentaje de población que no tiene acceso al servicio de la electricidad con respecto al resto de los otros municipios del estado de Quintana Roo.

En cuanto al material de las viviendas el 0.32% cuentan con paredes de material de desecho y láminas de cartón, en este caso éstas presentan más vulnerabilidad a cierto tipo de fenómenos, obteniendo la calificación de 0.0 con respecto a la tabla 107 de rangos y un grado de vulnerabilidad Muy Bajo.

Asimismo, el 1.1% de las viviendas tienen piso de tierra, por lo que su calificación asignada es de 0.0 con base a los rangos asignados en la tabla 110, obteniendo un grado de vulnerabilidad Muy Bajo. Además, las viviendas con este tipo de material en ocasiones aumentan la vulnerabilidad de sus habitantes frente a desastres naturales.

Por último, en el indicador de vivienda se obtiene un déficit del 11.26%, cabe resaltar que el déficit de vivienda es el resultado de un explosivo crecimiento demográfico, la inequitativa distribución de la riqueza, la falta de financiamiento de algunos sectores de la población para poder adquirir una vivienda. Además, el problema no sólo se remite a la insuficiencia de la vivienda sino también a las condiciones de esta. A lo anteriormente mencionado se obtiene una calificación para este indicador de 0.00 al considerar que el déficit de vivienda es Muy Bajo, obteniendo en total por el indicador de Vivienda una calificación de 0.00.

Tabla 110. Indicadores socioeconómicos de vivienda del Municipio de Benito Juárez.

Sector	Variable	Rangos	Grado de Vulnerabilidad	Valor asignado	Rango del municipio	Calificación
Vivienda	Porcentaje de viviendas sin servicio de agua entubada	De 0 a 19.96	**Muy Baja**	**0.00**	3.0	0.00
		De 19.97 a 39.92	Baja	0.25		
		De 39.93 a 59.88	Media	0.50		
		De 59.89 a 79.84	Alta	0.75		
		79.85 ó más	Muy Alta	1.00		
	Porcentaje de viviendas sin servicio de drenaje	De 1.21 a 20.96	**Muy Baja**	**0.00**	0.5	0.00
		De 20.97 a 40.71	Baja	0.25		
		De 40.72 a 60.46	Media	0.50		
		De 60.47 a 80.21	Alta	0.75		
		80.22 ó más	Muy Alta	1.00		
	Porcentaje de viviendas sin servicio de electricidad	De 0 a 19.76	**Muy Baja**	**0.00**	0.8	0.00
		De 19.77 a 39.52	Baja	0.25		
		De 39.53 a 59.28	Media	0.50		
		De 59.29 a 79.04	Alta	0.75		
		79.05 ó más	Muy Alta	1.00		
	Porcentaje de viviendas con paredes de material de desecho y láminas de cartón	De 0 a 3.84	**Muy Baja**	**0.00**	0.32	0.00
		De 3.85 a 7.68	Baja	0.25		
		De 7.69 a 11.52	Media	0.50		
		De 11.53 a 15.36	Alta	0.75		
		15.37 ó más	Muy Alta	1.00		
	Porcentaje de viviendas con piso de tierra	De 1.52 a 20.82	**Muy Baja**	**0.00**	1.1	0.00
		De 20.83 a 40.12	Baja	0.25		
		De 40.13 a 59.42	Media	0.50		
		De 59.43 a 78.72	Alta	0.75		
		78.73 ó más	Muy Alta	1.00		
	Déficit de vivienda	De 1.63 a 13.72	**Muy Baja**	**0.00**	11.26	0.00
		De 13.73 a 25.81	Baja	0.25		
		De 25.82 a 37.90	Media	0.50		
		De 37.91 a 49.99	Alta	0.75		
		50.00 ó más	Muy Alta	1.00		
Total sector de Vivienda					**0.00**	

Fuente: Elaboración propia con base en información de los resultados de la Encuesta Intercensal 2015.
Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social 2016 del INEGI Y CONEVAL.

Indicadores socioeconómicos de Empleo e ingresos

Los indicadores socioeconómicos de empleo e ingresos se refieren principalmente a una situación vulnerable tanto en el plazo inmediato, donde la condición de vida es precaria y las familias de bajos ingresos sólo pueden

atender sus necesidades inmediatas, y en el largo plazo, se refleja la capacidad de prevención y respuesta que potenciaría la vulnerabilidad en caso de un desastre.

En el indicador de empleo e ingresos (Tabla 111) muestra que el 19% de la población recibe ingresos menores de 2 salarios mínimos, este indicador nos da una idea de los recursos económicos con los que cuentan las familias en el municipio de Benito Juárez para satisfacer sus necesidades básicas. La población con menos de dos salarios mínimos tiende a ser más vulnerable en caso de sufrir pérdidas a causa de un desastre, ya que su capacidad de recuperación sería más lenta y limitada, por tal razón se le asignó un grado de vulnerabilidad Muy Baja y una calificación de 0.00.

Asimismo, tenemos el indicador Razón de dependencia la cual tiene un 42% lo que significa que esta población es la que depende de la población económicamente activa. A este indicador, se le dio la calificación de 0.00 al considerarse que tiene un nivel Muy Bajo. Mientras mayor sea la razón de dependencia, más personas se verán en desventaja frente a un desastre de origen natural ya que su capacidad de respuesta y prevención prácticamente va a ser nula.

Finalmente, tenemos el indicador Tasa de desempleo abierto, este indicador se refiere directamente a la situación de desempleo que influye sobre la capacidad de consumo de la población, así como en la capacidad de generar los recursos que posibiliten la adquisición de bienes satisfactorios. Como se puede observar en el indicador de tiene un nivel Bajo (2.71%) con respecto a los rangos preestablecidos, por lo que la calificación obtenida fue de 0.00.

El indicador socioeconómico de Empleo e Ingresos obtiene una calificación final de 0.00.

Tabla 111. Indicadores socioeconómicos de Empleo e Ingresos del Municipio de Benito Juárez

Sector	Variable	Rangos	Grado de Vulnerabilidad	Valor asignado	Rango del municipio	Calificación
Empleo e ingresos	Porcentaje de la población económicamente activa (PEA) que recibe ingresos de menos de 2 salarios mínimos	De 18.41 a 34.50	**Muy Baja**	**0.00**	**19**	**0.00**
		De 34.51 a 50.59	Baja	0.25		
		De 50.60 a 66.68	Media	0.50		
		De 66.69 a 82.77	Alta	0.75		
		82.78 ó más	Muy Alta	1.00		
	Razón de dependencia	De 37.72 a 57.69	**Muy Baja**	**0.00**	**42**	**0.00**
		De 57.70 a 77.66	Baja	0.25		
		De 77.67 a 97.63	Media	0.50		
		De 97.64 a 117.60	Alta	0.75		
		117.60 ó más	Muy Alta	1.00		
	Tasa de desempleo abierto	De 0 a 3.09	**Muy Baja**	**0.00**	**2.71**	**0.00**
		De 3.10 a 6.18	Baja	0.25		
		De 6.19 a 9.27	Media	0.50		
		De 9.28 a 12.36	Alta	0.75		
		12.37 ó más	Muy Alta	1.00		
Total sector de Empleo e Ingresos					**0.00**	

Fuente: INEGI. Anuario estadístico y geográfico de Quintana Roo 2017. Encuesta Intercensal 2015.
INEGI. Principales resultados de la Encuesta Intercensal 2015.

Indicadores socioeconómicos de Población

Para la realización de análisis de vulnerabilidad de la población, se consideran principalmente tres aspectos sociales: dos de ellos se refieren a la distribución y dispersión de los asentamientos humanos y el tercero a los grupos étnicos que cuyas condiciones de vida se asocian a diferencias culturales y sociales, y que a su vez representan uno de los grupos más marginados del país.

Con base a los datos de la Encuesta Intercensal 2015, el municipio de Benito Juárez tiene un total de 743,626 habitantes. Su densidad de población es de 352.6 habitantes por km^2, que de acuerdo con la tabla 109 de indicadores socioeconómicos su grado de vulnerabilidad es Baja, por lo que se le asignó un valor de 0.25.

Con relación a la población de 3 años y más que habla alguna lengua indígena en el municipio, el dato señala que él 10.83% habla alguna lengua indígena. Para que la población de una localidad se considere indígena tiene que representar más del 40% su población, consecuentemente, el municipio de Benito Juárez es predominantemente no indígena (PNI) por lo que la calificación que se le asignó es de 0.

En la tabla 111, en lo referente al porcentaje de dispersión poblacional, el municipio obtuvo un grado de vulnerabilidad "Muy Bajo", con el 0.26% de localidades menores de 2,500 habitantes, por lo que se le asignó el valor de 0.00. Cabe mencionar que la dispersión poblacional se manifiesta principalmente en localidades pequeñas cuyas condiciones de escasez y rezago en la disponibilidad de servicios públicos representan un problema. Estas localidades presentan las mayores tasas de fecundidad, mortalidad infantil y ausencia o deficiencia de servicios básicos: agua, drenaje, electricidad, telefonía y caminos de acceso. Este indicador de población obtiene una calificación final de 0.25 (Tabla 112).

Tabla 112. Indicadores socioeconómicos de Población del Municipio de Benito Juárez.

Sector	Variable	Rangos	Grado de Vulnerabilidad	Valor asignado	Rango del Municipio	Calificación
Población	Densidad de población	De 1 a 99 Habitantes por km2	Muy Baja	0.00	352.6	0.25
		De 100 a 499 Habitantes por km2	**Baja**	**0.25**		
		De 500 a 999 Habitantes por km2	Media	0.50		
		De 1,000 a 4,999 Habitantes por km2	Alta	0.75		
		Más de 5,000 habitantes por km2	Muy Alta	1.00		
	Porcentaje de población habla indígena (3 años y más)	Más del 40% de la población	Predominantemente indígena	1.00	10.83	0.00
		Menos del 40% de la población	**Predominantemente no indígena**	**0.00**		
	Dispersión de población	de 0 a 9.9	**Muy Bajo**	**0.00**	0.26	0.00
		de 10 a 19.9	Bajo	0.25		
		de 20 a 29.9	Medio	0.50		
		de 30 a 39.9	Alto	0.75		
		40 o más	Muy Alto	1.00		
Total sector de Población					**0.25**	

Fuente: INEGI. Anuario estadístico y geográfico de Quintana Roo 2017. Encuesta Intercensal 2015.
INEGI. Principales resultados de la Encuesta Intercensal 2015.

Cálculo del indicador de Vulnerabilidad social

Con la calificación final de cada uno de los indicadores explicados anteriormente, el proceso a seguir es la obtención del promedio de cada uno de ellos mediante la división de la calificación total entre el número de indicadores de cada categoría.

$$c = \frac{a}{b}$$

a = número de indicadores por categoría.

b = calificación obtenida de la suma de los indicadores por rubro.

c = promedio.

Tabla 113. Promedios por categoría y calificación final de las características socioeconómicas. Municipio de Benito Juárez

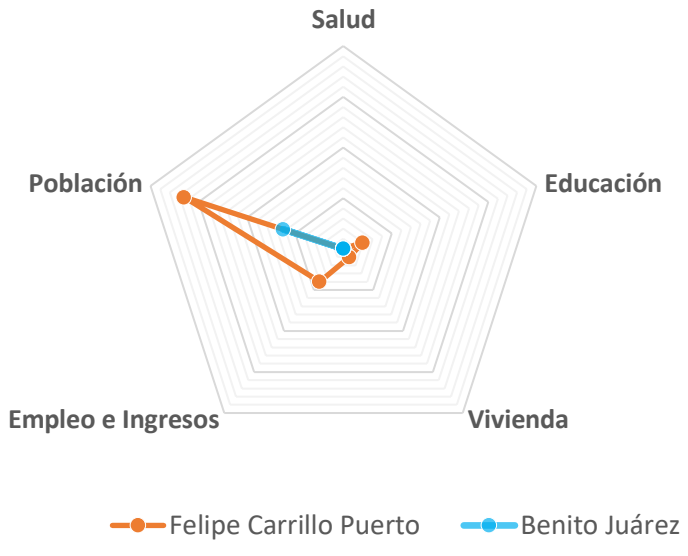
Categoría	Número de indicadores	Calificación	Promedio	Resultado
Salud	3	0.00	0.00	**0.083**
Educación	3	0.00	0.00	
Vivienda	6	0.00	0.00	
Empleo e Ingresos	3	0.00	0.00	
Población	3	0.25	0.083	

Fuente: Elaboración propia con base a resultado de los indicadores socioeconómicos del municipio de Benito Juárez.

Una vez obtenido el promedio de cada categoría se suman, que en este caso fue de 0.083 cantidad que se dividirá entre cinco, que representa el número de categorías (salud, educación, vivienda, empleo e ingresos y población) (Tabla 113). El resultado será la calificación final de las características socioeconómicas del Municipio de Benito Juárez y el primer resultado para la obtención de vulnerabilidad social.

Calificación final de las características socioeconómicas del Municipio de Benito Juárez	0.0166

Gráfica 187. Calificación final de las características socioeconómicas del municipio de Benito Juárez por categoría (Comparado con el municipio de Felipe Carrillo Puerto)



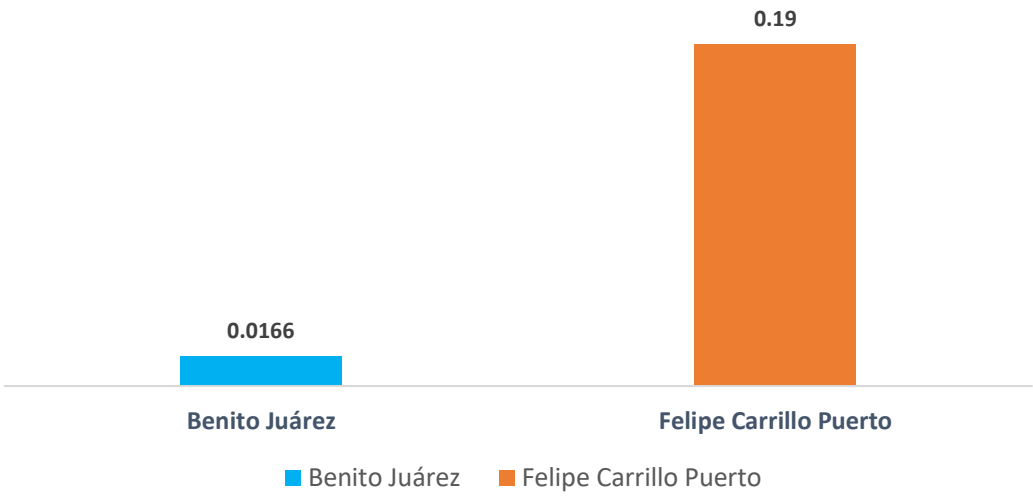
Asimismo, se hace una comparación con los resultados del municipio de Felipe Carrillo Puerto (Tabla 114) y se puede observar que el Municipio de Benito Juárez presenta un grado de vulnerabilidad municipal Muy Bajo en comparación al municipio de Felipe Carrillo Puerto el cual representa un indicador socioeconómico Bajo (Gráfica 187 y 188).

Tabla 114. Promedios por categoría y calificación final de las características socioeconómicas. Municipio de Felipe Carrillo Puerto.

Categoría	Número de indicadores	Calificación	Promedio	Calificación final
Salud	2	0.00	0	
Educación	3	0.25	0.08	
Vivienda	6	0.25	0.04	**0.19**
Empleo e Ingresos	3	0.50	0.16	
Población	3	2.00	0.66	

Fuente: Elaboración propia con base a resultado de los indicadores socioeconómicos del municipio de Felipe Carrillo Puerto.

Gráfica 188. Comparativa de resultados de los indicadores socioeconómicos del municipio de Benito Juárez y Felipe Carrillo Puerto.



Análisis del Centro de Población de Cancún por Distritos

En este apartado se calcularon los indicadores para los Distritos de la ciudad de Cancún, los resultados obtenidos dejan ver que las zonas urbanas analizadas cuentan con más recursos y habitantes, y en general se obtuvieron condiciones de vulnerabilidad en su mayoría Muy Bajas, seguido de rangos Bajos.

Los indicadores de vivienda muestran en la ciudad de Cancún una vulnerabilidad Muy Baja en el servicio de agua entubada a diferencia de los Distritos 12, 17, 18 y 23, que tienen una vulnerabilidad Muy Alta.

En lo que se refiere al servicio de drenaje el grado de vulnerabilidad se considera Muy Baja, ya que la mayoría de las viviendas cuentan con este servicio.

La cobertura de energía eléctrica en el estado es del 96.2%, y a nivel municipal es de 0.8%. En la ciudad de Cancún El Distrito más rezagado en esta categoría es el Distrito 18, en donde el 87% de las viviendas no disponen de este servicio.

El porcentaje de viviendas con piso de tierra en su mayoría la vulnerabilidad no es Alta, cabe destacar que tampoco es muy elevado a nivel municipal. Con base a lo anteriormente mencionado, esto se debe a los diversos apoyos otorgados por los tres órdenes de gobierno.

En los indicadores de población sobresale el hecho que en los Distritos analizados no se consideraron predominantemente indígenas, ya que cuenta con una vulnerabilidad Muy Baja, puesto que menos del 40% de su población de 3 años y más no hablaba alguna lengua indígena, lo que hace menos vulnerable a estos Distritos, ya que el acceso a la información, a los medios de comunicación del riesgo y de las medidas de prevención les llega sin ningún problema, lo que no complica la fluidez de la información.

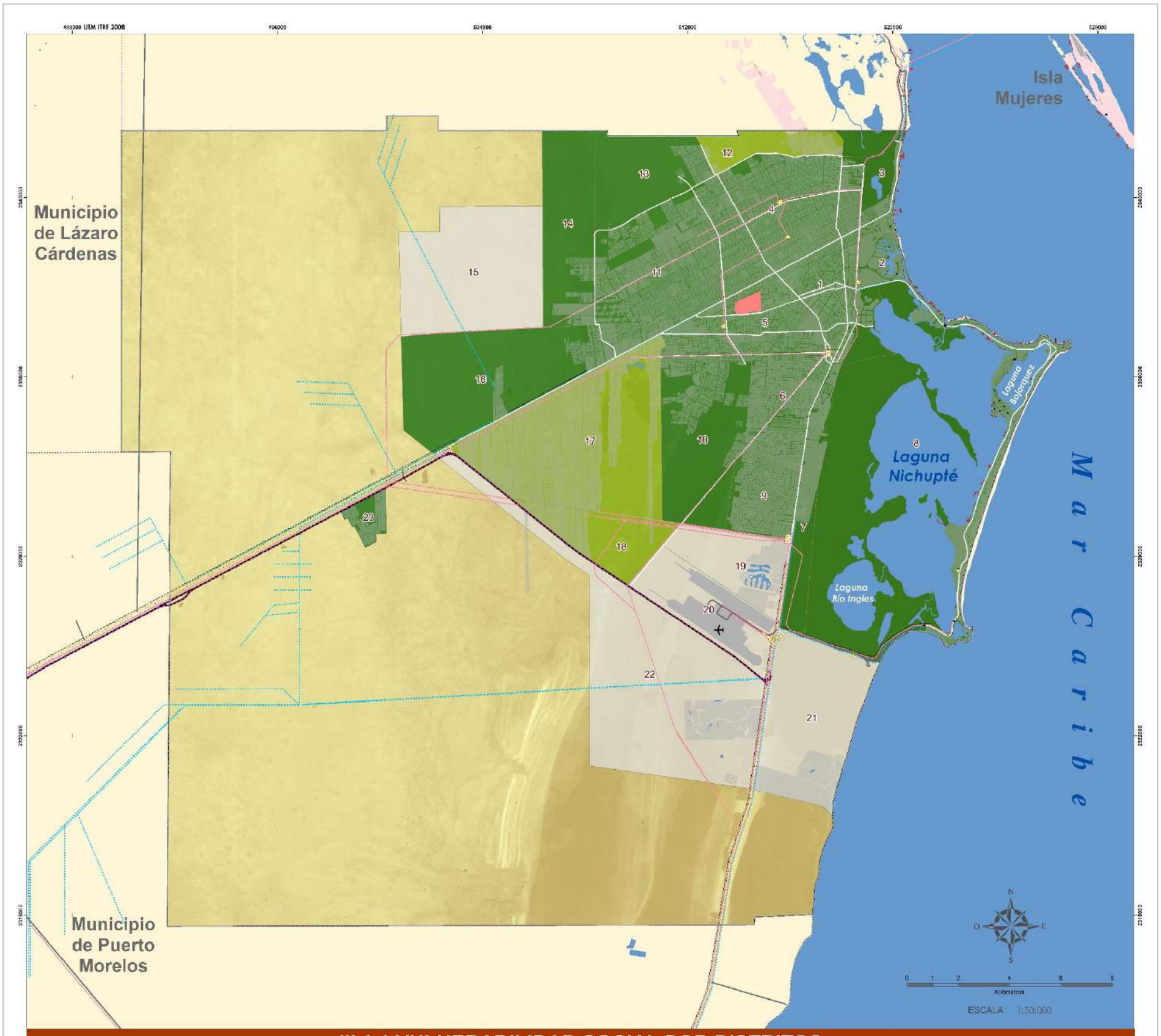
Por último, tenemos el porcentaje de población con alguna limitación en la actividad el cual cuentan con un grado de vulnerabilidad Muy Baja en todos sus Distritos.

Tabla 115. Análisis de vulnerabilidad de la ciudad de Cancún por distritos

Indicador	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23
Porcentaje de población no derechohabiente	43.6	57.4	57.4	37	32.6	32.6	48	28	46	22.5	32	37	37	22	-	28	46	50	-	-	-	-	48
Porcentaje de analfabetismo	1.4	0.7	2	3	1	0.4	3.4	0.2	4.4	0.1	2	5	2	0.5	-	3	9	10	-	-	-	-	12
Grado promedio de escolaridad	12	13	11	8.6	11.5	12.4	8.6	14	8	14	9.2	7.2	10	10.4	-	8.5	6.5	5.8	-	-	-	-	11.2
Porcentaje de viviendas sin servicio de agua entubada	17	14	2	12	10	40	8	3	71	3	33	90	2	11	-	39	80	100	-	-	-	-	83.3

Indicador	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23
Porcentaje de viviendas sin servicio de drenaje	15	14	2	6	9	28	0	3	8	2	28	30	2	1	-	33	14	19	-	-	-	-	9.3
Porcentaje de viviendas sin servicio de energía eléctrica	14	13	2	5	8	28	0	2	81	2	28	27	1	0	-	37	29	87	-	-	-	-	49
Porcentaje de viviendas con piso de tierra	43.6	15.5	98	97	10	28	0	0	91	0	0	32	2	1	-	35	24	45	-	-	-	-	23
Razón de dependencia	33	27	38	45	38	40	42	34	53	39	47	57	35	50	-	50	62	58	-	-	-	-	-
Densidad de población	50	1.5	18.6	134	99	9.4	0.2	0.5	22.3	5.3	81.4	16	2	0.5	-	3.4	7.4	1.4	-	-	-	-	-
Porcentaje de población de habla indígena	7.2	2.7	6	12.6	6	1.7	8.8	2.2	4.5	1.3	10.2	10.4	10.4	7.4	-	10.3	12	15.4	-	-	-	-	7.3
Porcentaje de población con alguna limitación	3	1	1	3	2	1	2.5	3	2.3	1.2	2.6	2.7	3	2.5	-	1.5	3	3.2	-	-	-	-	2.7
Grado de vulnerabilidad social (Indicadores socioeconómicos)	**Muy Bajo**	**Muy Bajo**	**Muy Bajo**	**Muy Bajo**	**Muy Bajo**	**Muy Bajo**	**Muy Bajo**	**Muy Bajo**	**Muy Bajo**	**Muy Bajo**	**Muy Bajo**	**Muy Bajo**	**Muy Bajo**	**Muy Bajo**	-	**Muy Bajo**	Bajo	Bajo	-	-	-	-	**Muy Bajo**

Fuente: Elaboración propia a partir de metodología de CENAPRED, 2006



III.1.1 VULNERABILIDAD SOCIAL POR DISTRITOS

SIMBOLOGÍA

Localidades urbanas
- Municipio de Benito Juárez
- Otros municipios

Límites
- Municipio Benito Juárez
- Otros Municipios

Vias de comunicación
- Federal
- Estatal
- Cuota
- Av Principales

Infraestructura
- Acueducto
- Línea de transmisión
- Líneas de comunicación
- Puentes
- Instalación portuaria
- Subestación eléctrica
- Aeropuerto
- Zona industrial

Rasgos hidrográficos
- Cuerpo de agua
- Corriente de agua

Vulnerabilidad social
- Muy baja
- Baja
- Media
- Alta
- Muy alta
- Sin dato

LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ EN EL CONTEXTO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN



ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO 2018

Elaborado por:

Universidad de Quintana Roo | División de Ciencias e Ingeniería | CIG

Fuente:

Red Hidrográfica escala 1:50, 000. Edición 2. INEGI. Cartas topográficas del INEGI. Escala 1:250, 000 y 1:50, 000. Elaboración propia con base a los Distritos del PDU y sus variables.

Diciembre 2018

Capacidad de respuesta

El cuestionario de Capacidad de Respuesta es diseñado por CENAPRED (2006), con el fin de conocer la capacidad de prevención y respuesta de la dependencia encargada, que en este caso fue la unidad de Protección Civil del municipio de Benito Juárez. El cuestionario constó de 24 preguntas, las respuestas fueron cerradas, dando un valor de "0" a Sí (valor más bajo) y "1" a No (valor más alto) Tabla 116.

Para obtener el nivel de capacidad de respuesta se empleó la tabla de rangos CENAPRED (2006).

En la tabla de rangos, a una mayor capacidad de prevención y respuesta, una menor vulnerabilidad y viceversa, a una baja capacidad de prevención y respuesta significa una mayor vulnerabilidad (Tabla 116).

Tabla 116. Rangos de la capacidad de prevención y respuesta.

Rangos con respecto a la suma de respuesta	Capacidad de prevención y respuesta	Valor asignado según condición de vulnerabilidad
De 0 a 3	Muy Alta	0
De 3 a 6	Alta	0.25
De 7 a 9	Media	0.5
De 10 a 12	Baja	0.75
Más de 12	Muy Baja	1

Fuente: CENAPRED, 2006

La capacidad de respuesta de la unidad de Protección Civil del municipio de Benito Juárez es Media.

Tabla 117. Capacidad de respuesta de la Unidad Municipal de Protección Civil del Municipio de Benito Juárez.

Municipio	Grado de capacidad de prevención y respuesta	Valor asignado según condición de vulnerabilidad
Benito Juárez	Alta	0.5

Fuente: Elaboración propia a partir de metodología de CENAPRED, 2006

Dadas las respuestas del cuestionario se logró conocer los recursos, programas, y planes con los con que cuenta la unidad Municipal de Protección Civil del Municipio de Benito Juárez. Cabe mencionar que donde la respuesta fue negativa, éstas pueden ser consideradas como un área de oportunidad, donde pudieran elaborar planes según sus necesidades y recursos disponibles, más adelante.

Las respuestas proporcionadas que fueron positivas de la unidad municipal de Protección Civil del municipio nos dejan ver que:

- El municipio cuenta con algún comité u organización comunitaria de gestión del riesgo que maneja la prevención, mitigación, preparación y respuesta.
- Cuentan con un Plan de Emergencia
- Cuentan con una normatividad que regula las funciones de la unidad de Protección Civil municipal (Plan de contingencia) donde definen funciones, procedimientos y se pueda actuar en caso de desastre o amenaza colectiva, desarrollar en las personas habilidades y escenarios que les permitan responder rápida y coordinadamente.
- Cuentan con un consejo municipal el cual está integrado por autoridades municipales y representantes de la sociedad civil para que en caso de emergencia organice y dirija las acciones de atención a la emergencia.
- Conocen los programas federales de apoyo para la prevención, mitigación y atención de desastres.
- Cuentan con canales de comunicación (organización a través de los cuales se pueden coordinar con otras instituciones, áreas o personas en caso de una emergencia.
- Las instituciones de salud del municipio cuentan con programas de atención a la población (trabajo social, psicológico, vigilancia epidemiológica) en caso de desastre.
- Tienen establecidas las posibles rutas de evacuación y acceso (caminos y carreteras) en caso de una emergencia y/o desastre.
- Tienen ubicados los sitios que pudieran fungir como helipuertos.

- Ubican los sitios que pudieran funcionar como refugios temporales en caso de un desastre.
- Existe un vínculo con centros de asistencia social (DIF, DINCOSA, LICONSA, etc.) para la operación de los albergues y distribución de alimentos, cobertores.
- Llevan a cabo simulacros en las distintas instituciones (escuelas, centros de salud, etc.) sobre qué hacer en caso de una emergencia y promueven un Plan Familiar de Protección Civil.
- Cuentan con un número suficiente de personal activo, mismo que estaba capacitado para informar sobre qué hacer en caso de una emergencia.
- Cuentan con mapas y croquis de localidades donde tienen identificado puntos críticos o zonas de peligro.
- Cuentan con el equipo necesario en su unidad para la comunicación tanto para recibir como para enviar información (computadora, internet, fax, teléfono, etc).
- Cuentan con acervos de información históricos de desastres anteriores y las acciones que se llevaron a cabo para atenderlos.
- Se coordinan con los demás miembros del Comité Municipal de Protección Civil para mantener un inventario de alimentos, cobertores, colchonetas y pacas de lámina de cartón para casos de emergencia.

Áreas de oportunidad de algunas Unidades de Municipales de Protección Civil.

- Se recomienda contar con el equipo necesario en su unidad para la comunicación tanto para recibir como para enviar información (computadora, internet, fax, teléfono, etc.
- El que la Unidad Municipal de Protección Civil *no* cuenten con un Sistema de Información Geográfica (SIG) dificulta el procesamiento y análisis de la información cartográfica y estadística generada por otras instancias, lo anterior facilitaría la ubicación precisa, con coordenadas geográficas, los puntos críticos en el municipio.
- Existe la necesidad de un sistema de Geo Posicionamiento Global (GPS) para georeferenciar puntos críticos en el municipio, y dar seguimiento preciso y eficiente, de amenazas medioambientales, como incendios o derrames de sustancias, por ejemplo.

Además, las preguntas 23 y 24 no se tomaron en consideración para proporcionarles una puntuación, ya que con éstas se busca conocer, la situación académica del personal y las funciones que efectúan.

- El grado promedio de escolaridad que tiene el personal activo de la Unidad Municipal de Protección Civil del municipio de Benito Juárez es: profesional y bachillerato.
- Las funciones que mayoritariamente se desempeñan en la Unidad Municipal de Protección Civil del municipio se orientan a las actividades de prevención, monitoreo, operatividad, rescate, apoyo y traslado de personas lesionadas en cualquier tipo de accidente. Verificación y regulación de negocios y de medidas básicas de seguridad. Apoyo en derrumbes, combate de incendios y de enjambres. Apoyo con cables caídos y árboles. También realizan labores de capacitación, simulacros en las escuelas y cursos en manejo de extintores.

Percepción local del riesgo

La metodología utilizada para estimar la vulnerabilidad social establece la aplicación de un cuestionario de percepción local del riesgo a los habitantes del municipio de Benito Juárez. Es por ello por lo que se aplicaron y calificaron cuestionarios para conocer cuál es el valor de la percepción del riesgo. La percepción local del riesgo es definida como el imaginario colectivo que tiene la población acerca de las amenazas que existen en su comunidad y de su grado de exposición frente a las mismas y estimar las condiciones de esta nos permite

establecer estrategias de difusión de información que mejoren las medidas de prevención por parte de la población.

Otro resultado importante de la valoración de esta percepción es saber si la población cuenta con una idea clara del riego en el que se encuentra ante determinada amenaza, lo que índice en su capacidad de respuesta.

El cuestionario consta de 25 preguntas que se enfocan tanto a la percepción de los peligros en su entorno, así como a la manera en que consideran las acciones preventivas en su comunidad y la información o preparación que poseen acerca de cómo enfrentar una emergencia. Las respuestas se calificaron en un rango de valuación que va de 0 a 1, donde 0 corresponde a una mayor percepción del riesgo y, por lo tanto, una vulnerabilidad menor; y 1 para las respuestas con menor percepción del riesgo y por lo tanto mayor vulnerabilidad.

Para obtener la calificación de este indicador se sumaron los valores de las 25 preguntas por encuesta. Se obtuvo el promedio del valor por encuesta. La percepción local del riesgo fue valorada de acuerdo con la siguiente tabla de rango:

Tabla 118. Rangos de percepción local del riesgo

Rangos	Percepción local	Valor asignado según condición de vulnerabilidad
De 0 a 5.0	Muy Alta	0
De 5.1 a 10.0	Alta	0.25
De 10.1 a 15.0	Media	0.5
De 15.1 a 20.0	Baja	0.75
Más de 20.0	Muy Baja	1

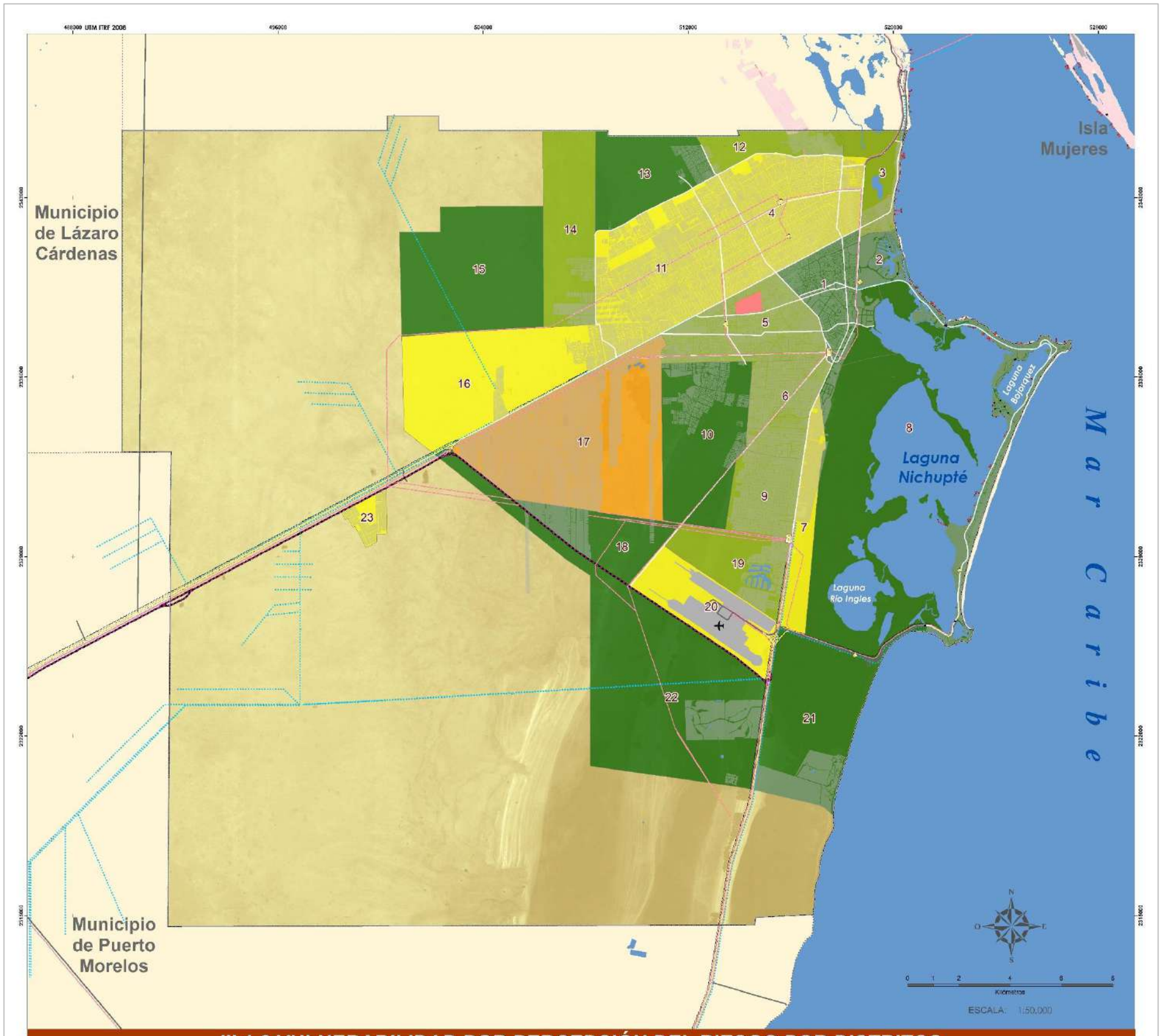
Fuente: CENAPRED, 2006

El valor promedio del resultado de las encuestas a nivel municipal es que se tiene una “Muy alta” percepción local del riesgo y por lo tanto una vulnerabilidad “Muy baja”. Los resultados de la percepción local del riesgo por distrito se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 119. Percepción local del riesgo y su valor de vulnerabilidad por Distrito

Distrito	Percepción del riesgo	Vulnerabilidad
1	Muy alta	0.00
2	Muy alta	0.00
3	Alta	0.25
4	Media	0.50
5	Alta	0.25
6	Alta	0.25
7	Media	0.50
8	Muy alta	0.00
9	Alta	0.25
10	Muy alta	0.00
11	Media	0.50
12	Alta	0.25
13	Muy alta	0.00
14	Alta	0.25
15	Muy alta	0.00
16	Media	0.50
17	Baja	0.75
18	Muy alta	0.00
19	Alta	0.25
20	Media	0.50
21	Muy alta	0.00
22	Muy alta	0.00
23	Media	0.50

Fuente: Elaboración propia a partir de metodología de CENAPRED, 2006



III.1.2 VULNERABILIDAD POR PERCEPCIÓN DEL RIESGO POR DISTRITOS

SIMBOLOGÍA

Localidades urbanas
- Municipio de Benito Juárez
- Otros municipios

Límites
- Municipio Benito Juárez
- Otros Municipios

Vías de comunicación
- Federal
- Estatal
- Cuota
- Av Principales

Infraestructura
- Acueducto
- Línea de transmisión
- Líneas de comunicación
- Puentes
- Instalación portuaria
- Subestación eléctrica
- Aeropuerto
- Zona industrial

Rasgos hidrográficos
- Cuerpo de agua
- Corriente de agua

Vulnerabilidad por percepción del riesgo
- Muy baja
- Baja
- Media
- Alta
- Muy alta

LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ EN EL CONTEXTO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN



ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO 2018

Elaborado por:

Universidad de Quintana Roo | División de Ciencias e Ingeniería | CIG

Fuente:

Red Hidrográfica escala 1:50, 000. Edición 2. INEGI. Cartas topográficas del INEGI. Escala 1:250, 000 y 1:50, 000. Elaboración propia con base a los Distritos del PDU y los cuestionarios de Percepción de Riesgo levantados en campo.

Diciembre 2018

Operación para obtener el grado de vulnerabilidad social

El valor final para la medición de la vulnerabilidad social se obtiene de la siguiente manera, una vez obtenida la calificación final de los tres aspectos a evaluar (características socioeconómicas, capacidad de respuesta y percepción local de riesgo):

$$\boldsymbol{GVS} = (\boldsymbol{R1} * \boldsymbol{0.50}) + (\boldsymbol{R2} * \boldsymbol{0.25}) + (\boldsymbol{R3} * \boldsymbol{0.25})$$

Donde:

GVS = Grado de vulnerabilidad social asociada a desastres.

R_1 = Resultado de los indicadores socioeconómicos.

R_2 = Resultado del cuestionario de capacidad de prevención y respuesta.

R_3= Resultado del cuestionario de percepción local de riesgo.

Tabla 120. Grado de vulnerabilidad social

Rangos	Grado de Vulnerabilidad Social
De 0 a 0.20	Muy Bajo
De 0.21 a 0.40	Bajo
De 0.41 a 0.60	Medio
De 0.61 a 0.80	Alto
Mas de 0.80	Muy Alto

Fuente: CENAPRED, 2006

La vulnerabilidad social (GVS) tiene un valor de 0.133 que de acuerdo con la tabla 121 corresponde a una vulnerabilidad social “Muy Baja” para el municipio de Benito Juárez.

Tabla 121. Resultado final para determinar el grado de vulnerabilidad social en el municipio de Benito Juárez

Concepto	Puntaje	Porcentaje	Puntaje final	Resultado final	Grado de Vulnerabilidad
Indicadores Socioeconómicos	0.016	0.50	0.008	0.133	Muy Baja
Percepción local	0.00	0.25	0.000		
Capacidad de respuesta	0.50	0.25	0.125		

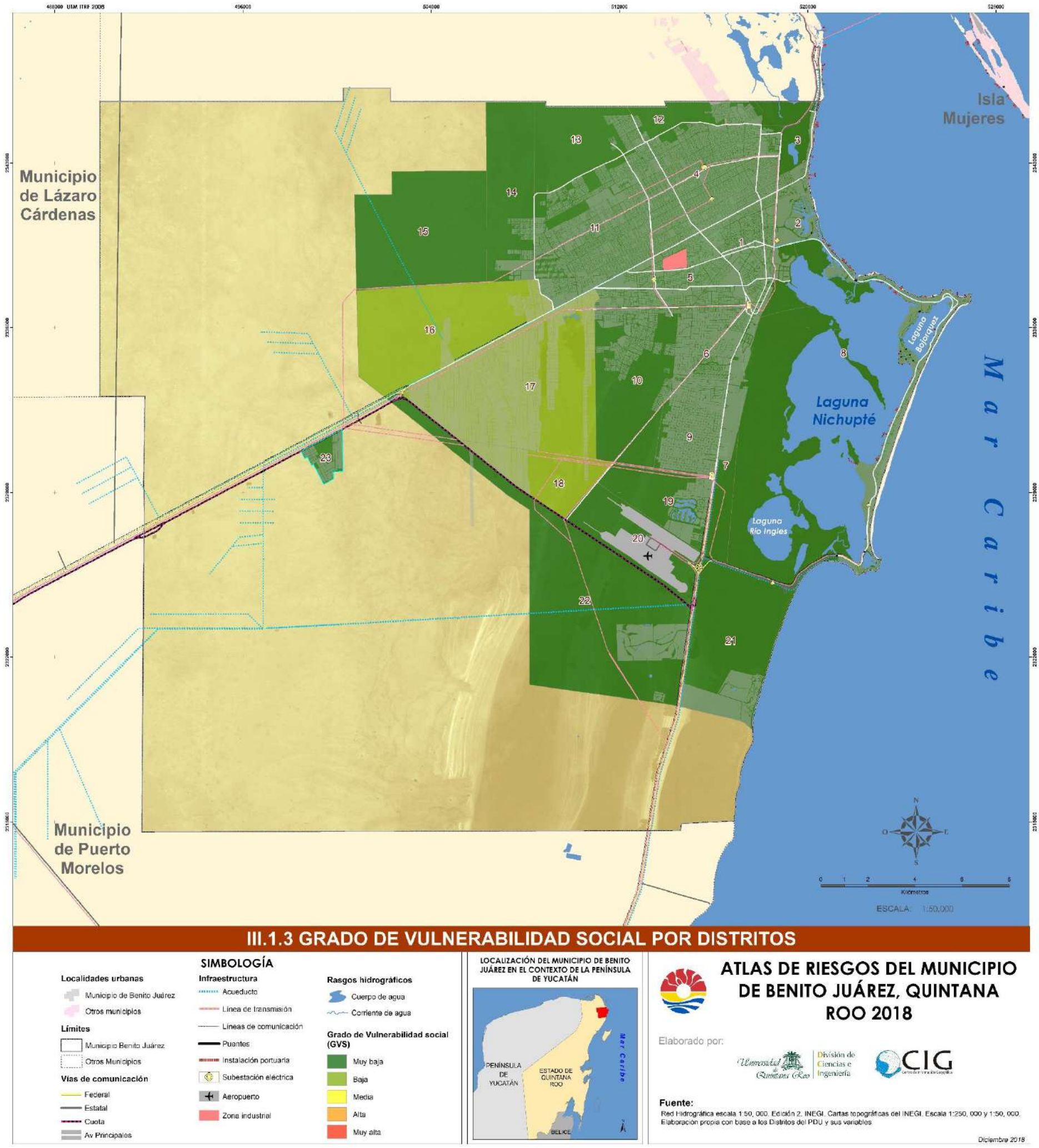
Fuente: Elaboración propia a partir de metodología de CENAPRED, 2006

A continuación, se presenta el resultado final del grado de vulnerabilidad social de los distritos de Benito Juárez

Tabla 122. Resultado final para determinar el grado de vulnerabilidad social por Distrito en Benito Juárez.

Distrito	Indicadores socioeconómicos			Percepción social del riesgo			Capacidad de respuesta			GVS	Grado de vulnerabilidad
	Puntaje	Porcentaje	Valor final	Puntaje	Porcentaje	Valor final	Puntaje	Porcentaje	Valor final		
1	0.00	0.50	0.00	0.00	0.25	0.00	0.5	0.25	0.125	**0.125**	**Muy bajo**
2	0.00	0.50	0.00	0.00	0.25	0.00	0.5	0.25	0.125	**0.125**	**Muy bajo**
3	0.00	0.50	0.00	0.25	0.25	0.06	0.5	0.25	0.125	**0.125**	**Muy bajo**
4	0.00	0.50	0.00	0.50	0.25	0.13	0.5	0.25	0.125	**0.125**	**Muy bajo**
5	0.00	0.50	0.00	0.25	0.25	0.06	0.5	0.25	0.125	**0.125**	**Muy bajo**
6	0.00	0.50	0.00	0.25	0.25	0.06	0.5	0.25	0.125	**0.125**	**Muy bajo**
7	0.00	0.50	0.00	0.50	0.25	0.13	0.5	0.25	0.125	**0.125**	**Muy bajo**
8	0.00	0.50	0.00	0.00	0.25	0.00	0.5	0.25	0.125	**0.125**	**Muy bajo**
9	0.00	0.50	0.00	0.25	0.25	0.06	0.5	0.25	0.125	**0.125**	**Muy bajo**
10	0.00	0.50	0.00	0.00	0.25	0.00	0.5	0.25	0.125	**0.125**	**Muy bajo**
11	0.00	0.50	0.00	0.50	0.25	0.13	0.5	0.25	0.125	**0.125**	**Muy bajo**
12	0.00	0.50	0.00	0.25	0.25	0.06	0.5	0.25	0.125	**0.125**	**Muy bajo**
13	0.00	0.50	0.00	0.00	0.25	0.00	0.5	0.25	0.125	**0.125**	**Muy bajo**
14	0.00	0.50	0.00	0.25	0.25	0.06	0.5	0.25	0.125	**0.125**	**Muy bajo**
15	ND	0.50	ND	0.00	0.25	0.00	0.5	0.25	0.125	**0.125**	**Muy bajo**
16	0.00	0.50	0.00	0.50	0.25	0.13	0.5	0.25	0.125	**0.255**	**Bajo**
17	0.25	0.50	0.125	0.75	0.25	0.19	0.5	0.25	0.125	**0.44**	**Bajo**
18	0.25	0.50	0.125	0.00	0.25	0.00	0.5	0.25	0.125	**0.25**	**Bajo**
19	ND	0.50	ND	0.25	0.25	0.06	0.5	0.25	0.125	**0.125**	**Muy bajo**
20	ND	0.50	ND	0.50	0.25	0.13	0.5	0.25	0.125	**0.125**	**Muy bajo**
21	ND	0.50	ND	0.00	0.25	0.00	0.5	0.25	0.125	**0.125**	**Muy bajo**
22	ND	0.50	ND	0.00	0.25	0.00	0.5	0.25	0.125	**0.125**	**Muy bajo**
23	0.00	0.50	0.00	0.50	0.25	0.13	0.50	0.25	0.125	**0.125**	**Muy bajo**

Fuente: Elaboración propia a partir de metodología de CENAPRED, 2006



3.2 Vulnerabilidad física

El CENAPRED define Vulnerabilidad como “la susceptibilidad o propensión de los sistemas expuestos a ser afectados o dañados por el efecto de un fenómeno perturbador, es decir el grado de pérdidas esperadas”. La vulnerabilidad física de la vivienda se refiere a las condiciones de resistencia en la construcción de esta y a la susceptibilidad de presentar algún tipo de daño por acción de algún evento adverso, tal como un fenómeno natural que represente un peligro para la misma, por ejemplo, a las fuerzas de los vientos producidos por un huracán.

La vulnerabilidad física se expresa como una probabilidad de daño de un sistema expuesto y es normal expresarla a través del daño potencial que puede sufrir una vivienda. Para este Atlas, la vulnerabilidad se establece en cinco rangos y se presentan los resultados a nivel de manzana urbana y localidad, donde se calcula a partir del porcentaje de viviendas con vulnerabilidad alta respecto al total.

La vulnerabilidad alta en una localidad y/o manzana se establece utilizando la suma de viviendas con características vulnerables. Para establecer estas características se tomaron tres variables del Censo de Población y Vivienda de 2010 del INEGI, las viviendas con piso de tierra (ya que para este censo no se reportan variables respecto a los materiales de construcción de pisos y techos), las viviendas con 1 cuarto y las viviendas sin servicios.

Se seleccionaron estas variables ya que de manera indirecta determinan la tipología de las viviendas con más alto grado de vulnerabilidad. Por ejemplo, las viviendas con piso de tierra están generalmente construidas con materiales de la región (bahareque, madera, humano, etc).

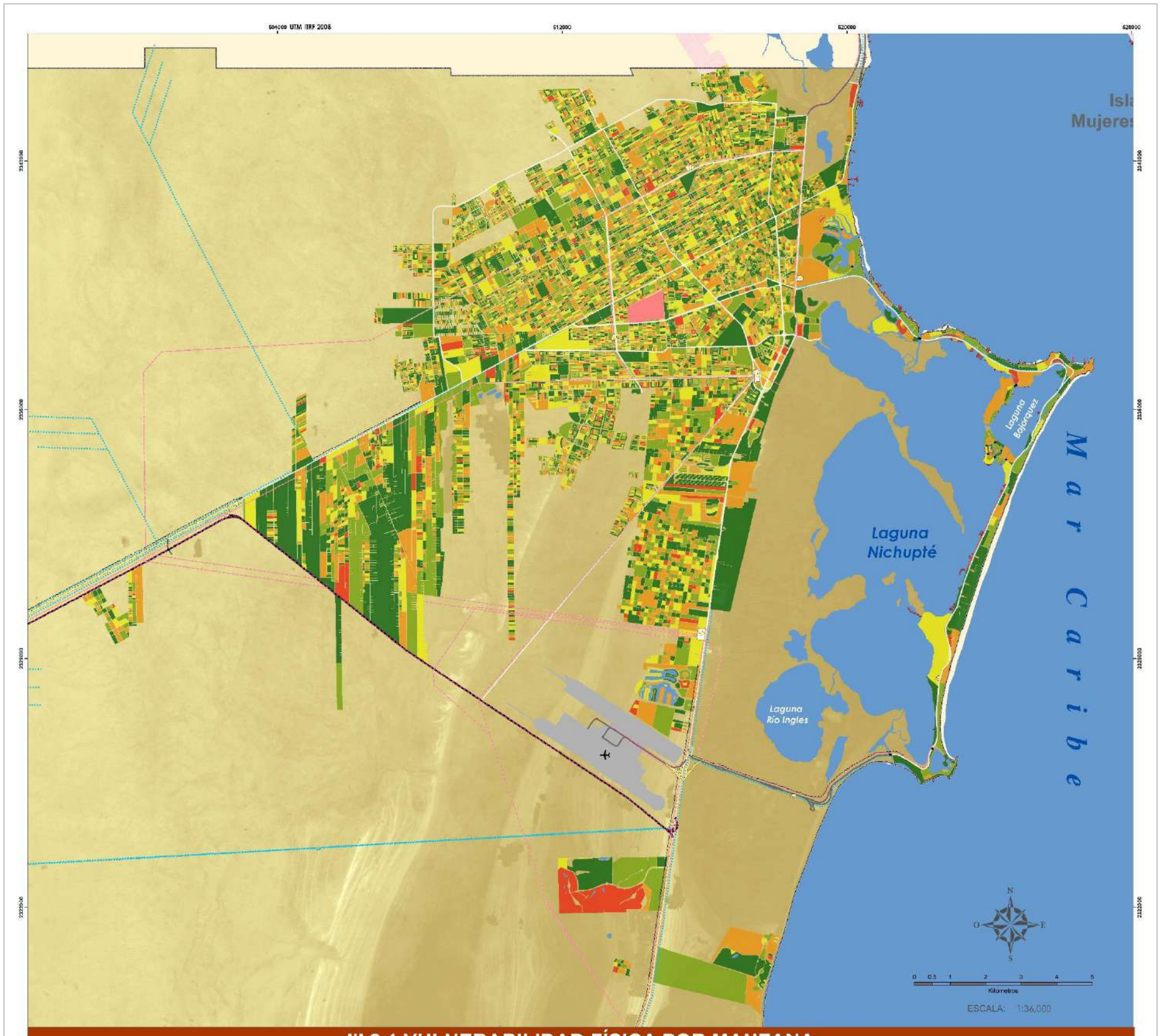
Variable	Descripción
Viviendas con piso de tierra	Viviendas particulares habitadas con piso de tierra. Comprende las viviendas particulares para las que se captaron las características de la vivienda, clasificadas como casa independiente, departamento en edificio, vivienda o cuarto en vecindad y vivienda o cuarto en azotea y a las que no especificaron clase de vivienda.
Viviendas con 1 cuarto	Viviendas particulares habitadas que tienen un solo cuarto. Comprende las viviendas particulares para las que se captaron las características de la vivienda, clasificadas como casa independiente, departamento en edificio, vivienda o cuarto en vecindad y vivienda o cuarto en azotea y a las que no especificaron clase de vivienda. Excluye la estimación del número de personas y de viviendas particulares sin información de ocupantes.
Viviendas sin servicios	Viviendas particulares habitadas que tienen luz eléctrica, agua entubada dentro o fuera de la vivienda, pero dentro del terreno, así como drenaje. Comprende las viviendas particulares para las que se captaron las características de la vivienda, clasificadas como casa independiente, departamento en edificio, vivienda o cuarto en vecindad y vivienda o cuarto en azotea y a las que no especificaron clase de vivienda.

El resultado de la vulnerabilidad física a nivel manzana se presenta en la siguiente tabla. Se señala que la suma de población en manzanas con “Muy Alta” y “Alta” vulnerabilidad es de 119,543 personas, que representan el 32% de la población municipal, porcentaje alto si consideramos los niveles de ingreso medio en la población del municipio.

Tabla 123. Vulnerabilidad física por manzana.

Nivel de vulnerabilidad	Manzanas	% de manzanas	Población	% de la población	Viviendas	% Viviendas
Muy alta	438	4%	8,798	2%	7,865	4%
Alta	2,915	26%	110,745	30%	74,621	36%
Media	2,133	19%	96,473	26%	51,313	25%
Baja	3,002	27%	143,463	39%	68,264	33%
Muy baja	2,831	25%	12,348	3%	3,724	2%
	11,319		371,827		205,787	

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INEGI



III.2.1 VULNERABILIDAD FÍSICA POR MANZANA

SIMBOLOGÍA

Localidades urbanas
- Municipio de Benito Juárez
- Otros municipios

Límites
- Municipio Benito Juárez
- Otros Municipios

Vías de comunicación
- Federal
- Estatal
- Cuota
- Av Principales

Infraestructura
- Acueducto
- Línea de transmisión
- Líneas de comunicación
- Puentes
- Instalación portuaria
- Subestación eléctrica
- Aeropuerto
- Zona industrial

Rasgos hidrográficos
- Cuerpo de agua
- Corriente de agua

Vulnerabilidad física por manzana
- Muy baja
- Baja
- Media
- Alta
- Muy alta

LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ EN EL CONTEXTO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN



ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ, QUINTANA ROO 2018

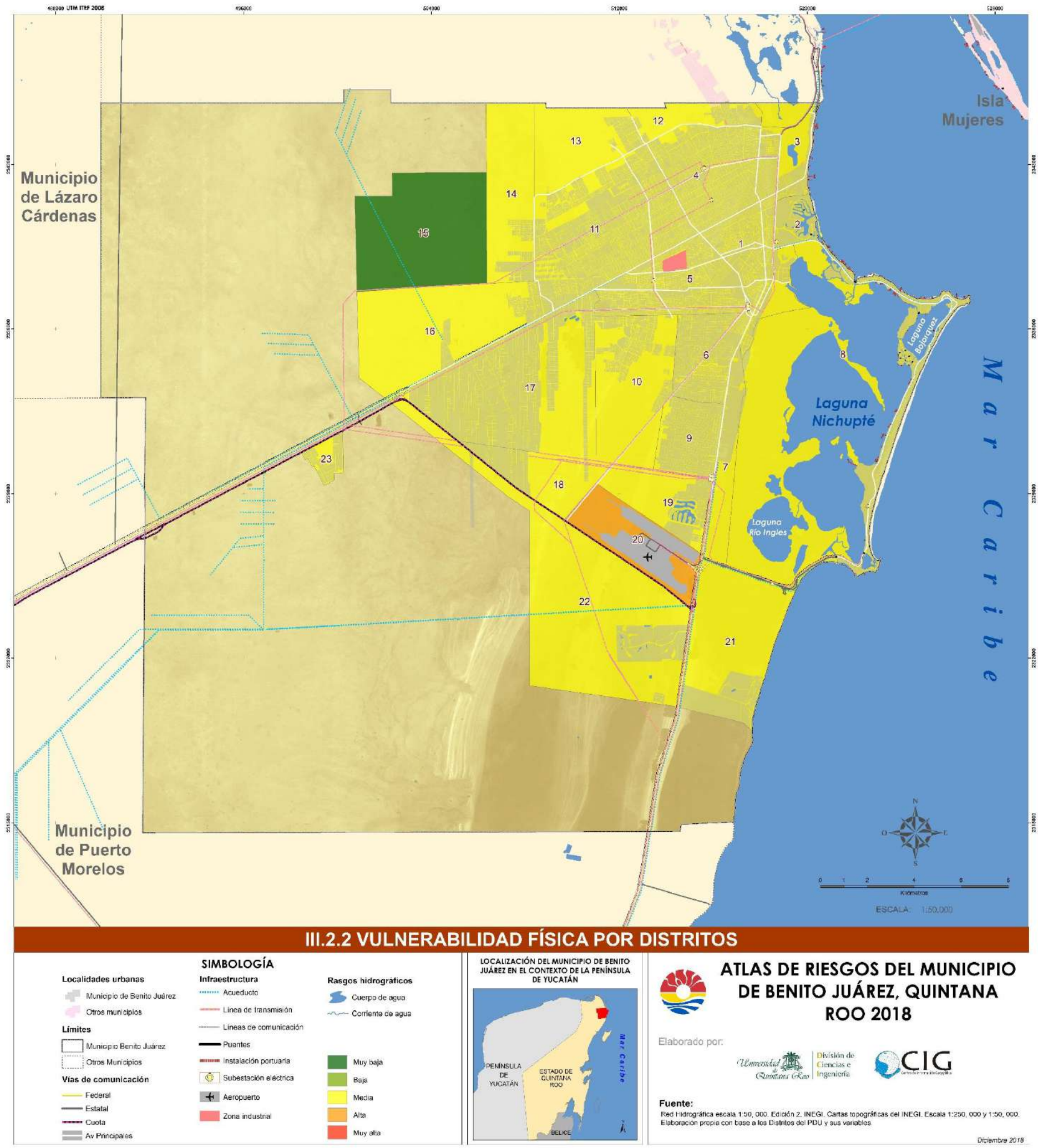
Elaborado por:

Universidad de Quintana Roo | División de Ciencias e Ingeniería | CIG

Fuente:
Red Hidrográfica escala 1:50, 000. Edición 2. INEGI. Cartas topográficas del INEGI. Escala 1:250, 000 y 1:50, 000. Elaboración propia con base a los Distritos del PDU y sus variables.

Diciembre 2018

Se estimó el promedio por Distrito de las vulnerabilidades por manzana para presentar el siguiente mapa.



FASE IV. RIESGO / EXPOSICIÓN

Por su ubicación geográfica y por la dinámica de su proceso desarrollo, México está sujeto al impacto de gran cantidad de fenómenos naturales y antrópicos que anualmente causan importantes daños, pérdidas económicas y lamentablemente, también vidas humanas. Quintana Roo y sus municipios no son la excepción.

4.1 El Riesgo y sus componentes

De acuerdo con el CENAPRED, el riesgo se calcula en función de los siguientes componentes:

Peligro
Probabilidad de ocurrencia de un fenómeno en un lapso dado. El potencial del peligro se mide por su Intensidad y su periodo de retorno.

Exposición
Cantidad de personas, bienes, valores, infraestructura y sistemas que son susceptibles a ser dañados o perdidos (pérdidas económicas o vidas humanas).

Vulnerabilidad
Susceptibilidad o propensión de los sistemas expuestos a ser afectados. Esta información se deriva de las características del medio físico, el entorno socioeconómico y la vulnerabilidad física y social. De acuerdo con procesamientos geoespaciales se simulan escenarios de riesgo de desastres.

El desarrollo sistemático y uso de sistemas de información geoespacial en México han sido clave en la gestión integral del riesgo y con ello, la reducción del impacto de los desastres y, sobre todo, las pérdidas de vidas humanas provocadas por fenómenos naturales y antrópicos.

4.2 Cálculo del riesgo

En esta fase se procede a estimar y valorar las pérdidas o daños probables sobre los agentes afectables y su distribución geográfica a escalas distintas para el municipio de Benito Juárez.

Para la estimación del riesgo se decidió utilizar la metodología de sobreposicionamiento de capas de datos geoespaciales a través de un sistema de información geográfica (álgebra de mapas). Utilizando los resultados presentados de los peligros y la vulnerabilidad de las poblaciones en el municipio, de tal manera que al conjugarse se obtuviera un indicador que estima el nivel de riesgo.

La estimación del riesgo consistió en una modelación a partir de tres componentes principales:

1. Evaluación de la susceptibilidad del peligro
2. Definición de la vulnerabilidad (identificación y caracterización de los sistemas afectables)
3. Cálculo del riesgo a nivel de Distrito del PDU del CP Cancún

La interpretación del análisis de estos datos estuvo basada en la estandarización y la homologación de bases de datos, los modelos matemáticos para el cálculo del peligro y la vulnerabilidad, así como de ponderaciones cualitativas y cuantitativas en la estimación de los niveles de riesgo presentados.

Al final, la perdida estimada de los elementos expuestos, a partir de un escenario determinado (municipio o ciudad), es incierta, y por ello debe ser tratada como una variable aleatoria y probabilística.

Para dimensionar el riesgo en Benito Juárez, el mapeo de los resultados se realizó de una manera sencilla y entendible para la población del municipio, las autoridades de Protección Civil y los tomadores de decisión, ya que de ello depende tanto una apropiada descripción de la distribución geográfica del riesgo como una mejor valoración de aspectos tales como la prevención y mitigación, elementos fundamentales en la toma de decisión respecto a la planificación del territorio, la atención a emergencias y en la gestión del riesgo.

A partir del promedio de las vulnerabilidades físicas y sociales a nivel de Distrito del Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Cancún, se muestran en los siguientes apartados los niveles de riesgo encontrados. Bastará tomar el PDU señalado antes para tener una estimación de la población e infraestructura de cada Distrito, que permita llevar a cabo la planeación necesaria en caso de una emergencia.

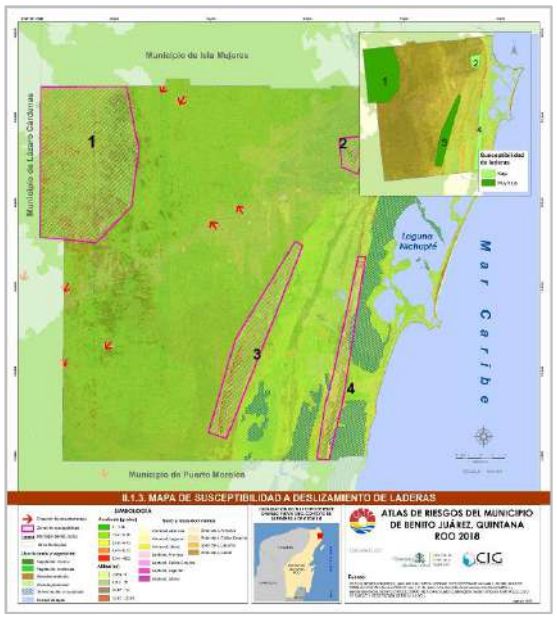
4.3 Riesgo por deslizamiento de laderas

En el mapa II.1.3 se señalan las zonas con un peligro potencial para el deslizamiento de laderas, mientras que por otra parte tenemos los mapas III.1.3 Grado de vulnerabilidad social y el III.2.2 Vulnerabilidad física ambos por Distrito. La sobreposición de los mapas anteriores da como resultado cuales son los distritos que tienen algún riesgo por esta amenaza. La evaluación del nivel de riesgo está basada en la tabla 124.

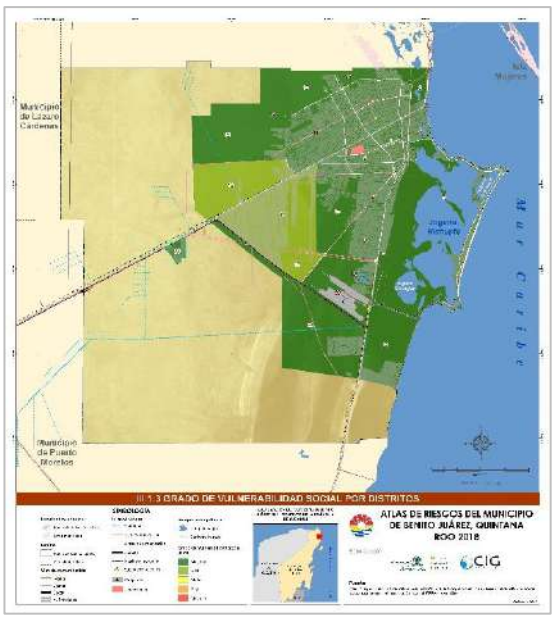
Tabla 124. Estimación cualitativa del nivel de riesgo a partir de los valores de vulnerabilidad y peligro

Amenaza / Vulnerabilidad	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Muy baja	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Medio
Baja	Muy bajo	Bajo	Bajo	Medio	Alto
Media	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Alta	Bajo	Medio	Alto	Alto	Muy alto
Muy alta	Medio	Alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto

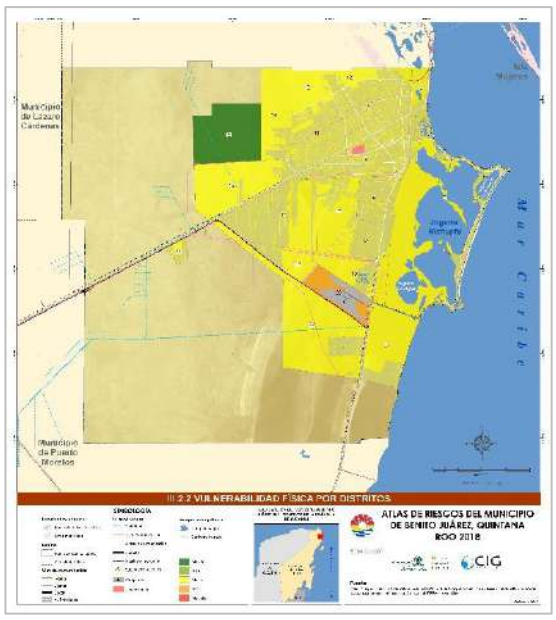
Amenaza

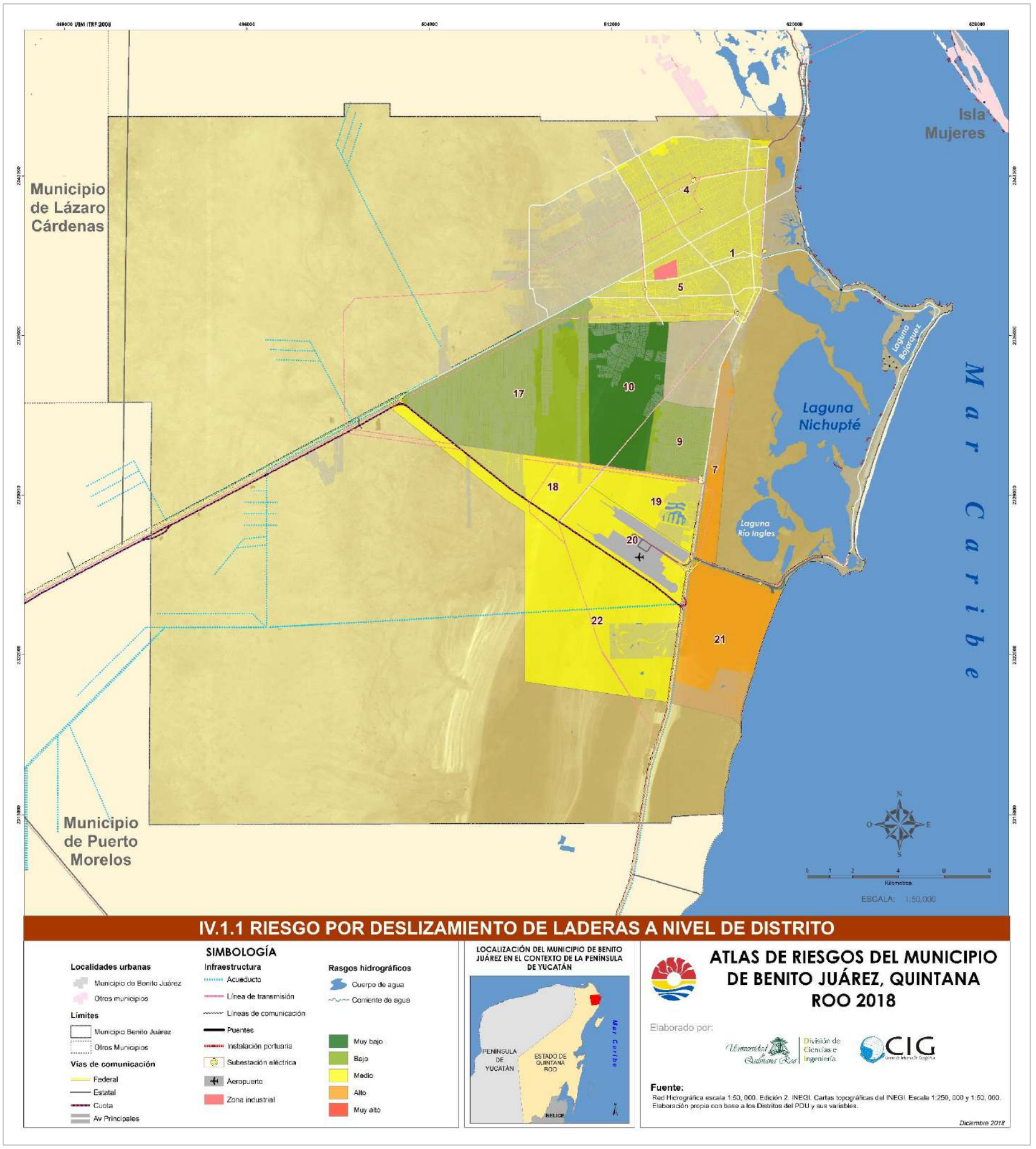


Vulnerabilidad social



Vulnerabilidad física





Como resultado se obtuvieron 12 distritos con más o menos riesgo de presentar algún evento de deslizamiento, dos con un riesgo alto (el 7 y el 21) con una población de 155 personas y 47 viviendas.

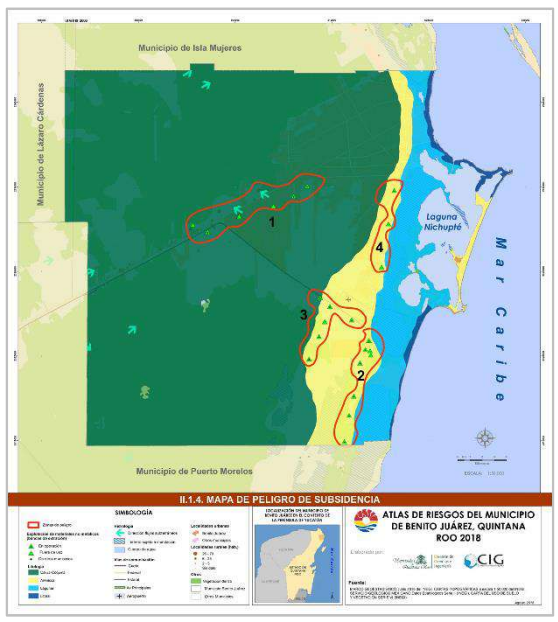
4.4 Riesgo por subsidencias

Se siguió con la misma metodología que el apartado anterior En el mapa II.1.4 se señalan las zonas con un peligro potencial de subsidencias, mientras que por otra parte tenemos los mapas III.1.3 Grado de vulnerabilidad social y el III.2.2 Vulnerabilidad física ambos por Distrito. La sobreposición de los mapas anteriores da como resultado cuales son los distritos que tienen algún riesgo por esta amenaza. La evaluación del nivel de riesgo está basada en la tabla 125.

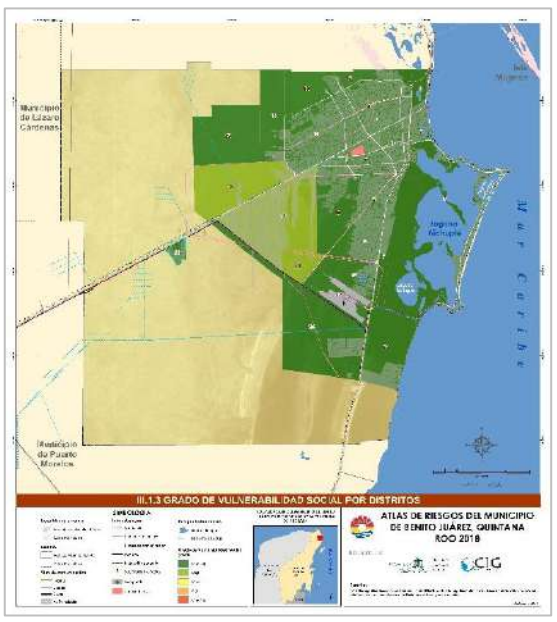
Tabla 125. Estimación cualitativa del nivel de riesgo a partir de los valores de vulnerabilidad y peligro

Riesgo / Vulnerabilidad	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Muy baja	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Medio
Baja	Muy bajo	Bajo	Bajo	Medio	Alto
Media	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Alta	Bajo	Medio	Alto	Alto	Muy alto
Muy alta	Medio	Alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto

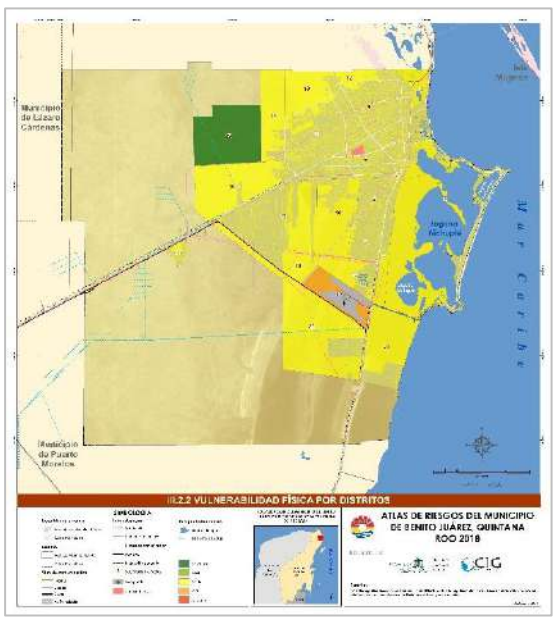
Amenaza

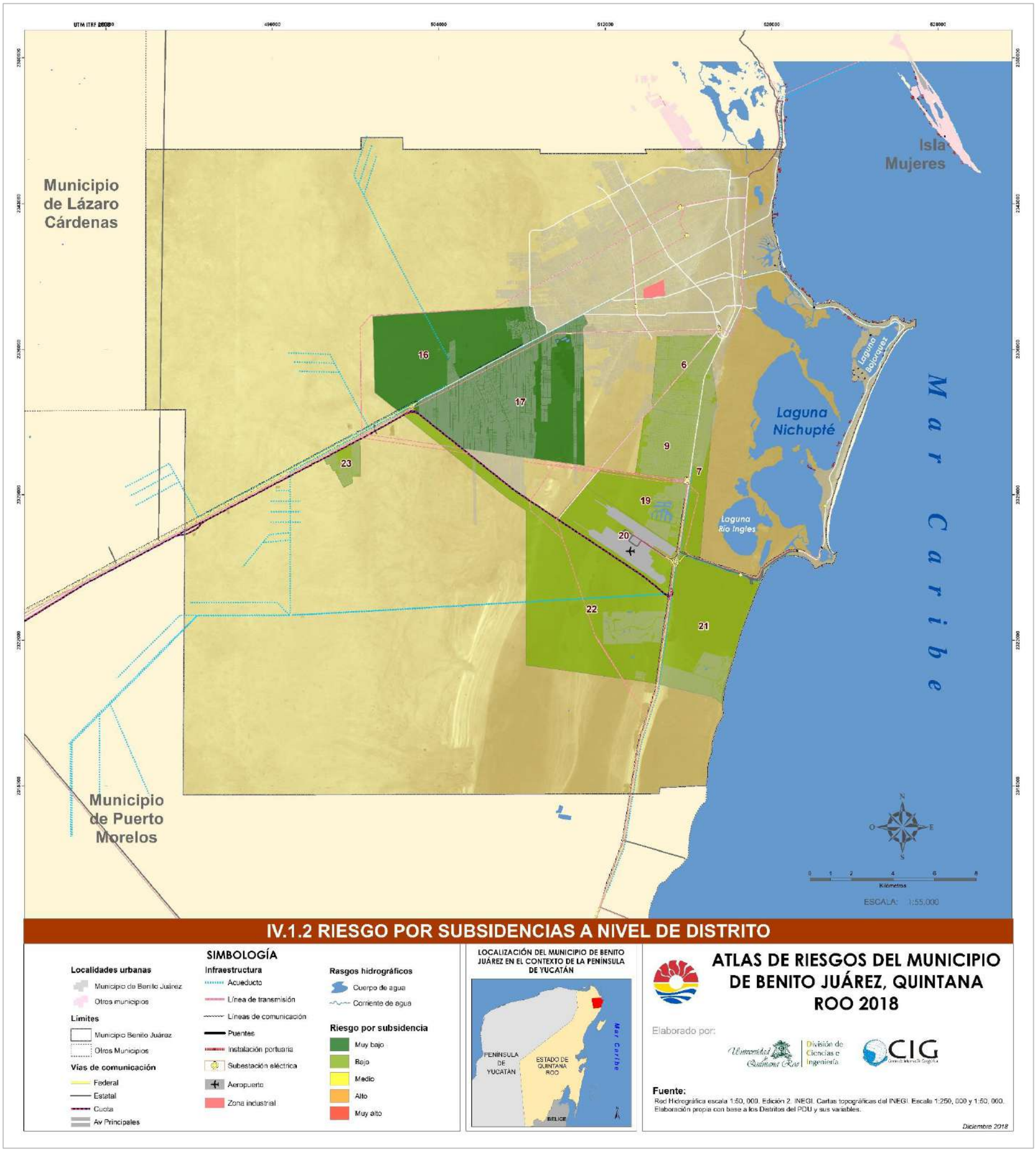


Vulnerabilidad social



Vulnerabilidad física

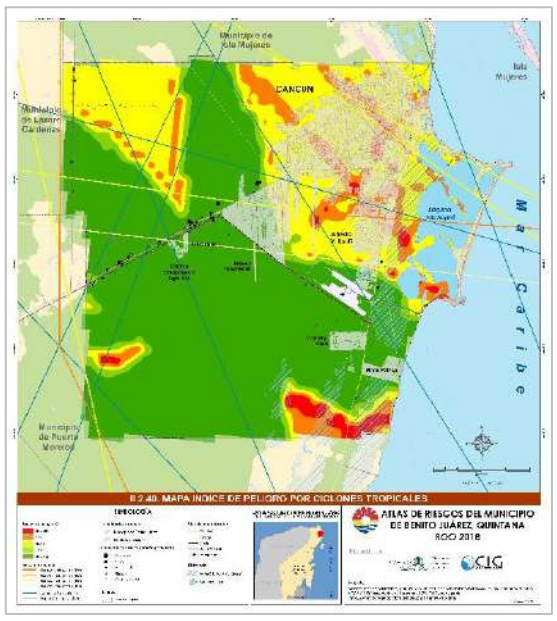




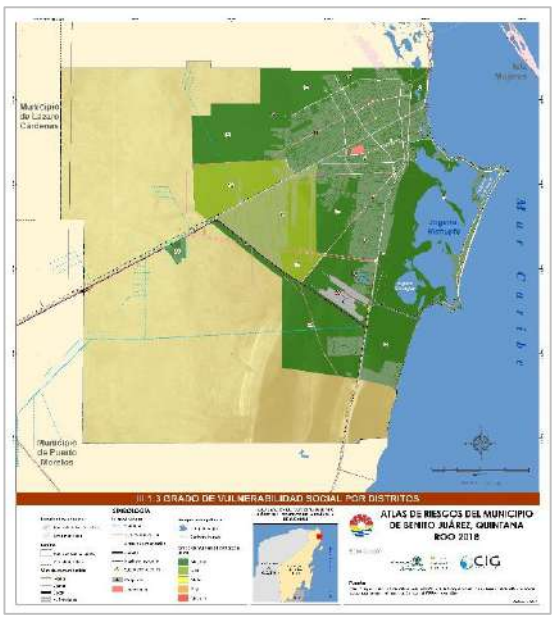
Como resultado se obtuvieron 9 distritos con más o menos riesgo de presentar algún evento de subsidencia con una población total de 62,775 personas y 19,023 viviendas.

4.5 Riesgo por ciclones tropicales

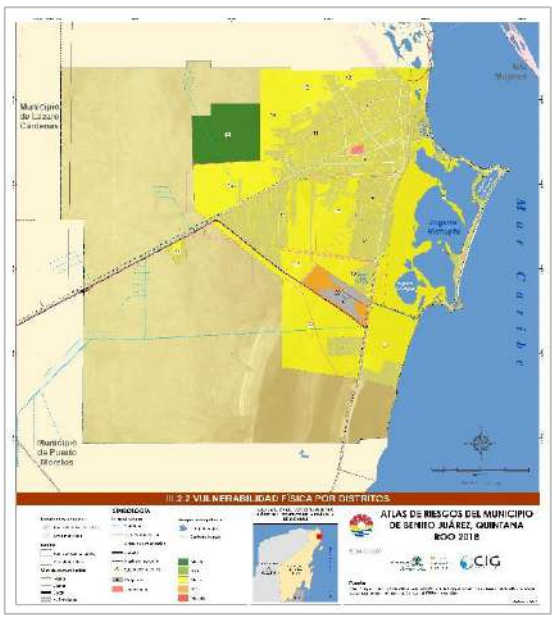
Utilizando el mismo procedimiento se estimó el riesgo por ciclones tropicales a partir del IPCT (Índice de Peligro por Ciclones Tropicales), del mapa II.2.40, donde pueden observarse valores de peligro más altos en las zonas cercanas a la costa, sobre todo en la parte norte del municipio, donde se encuentra la ciudad de Cancún. Este Índice se sobrepuso a los mapas de vulnerabilidades social y física por distrito para ser evaluados de acuerdo con la tabla 124.



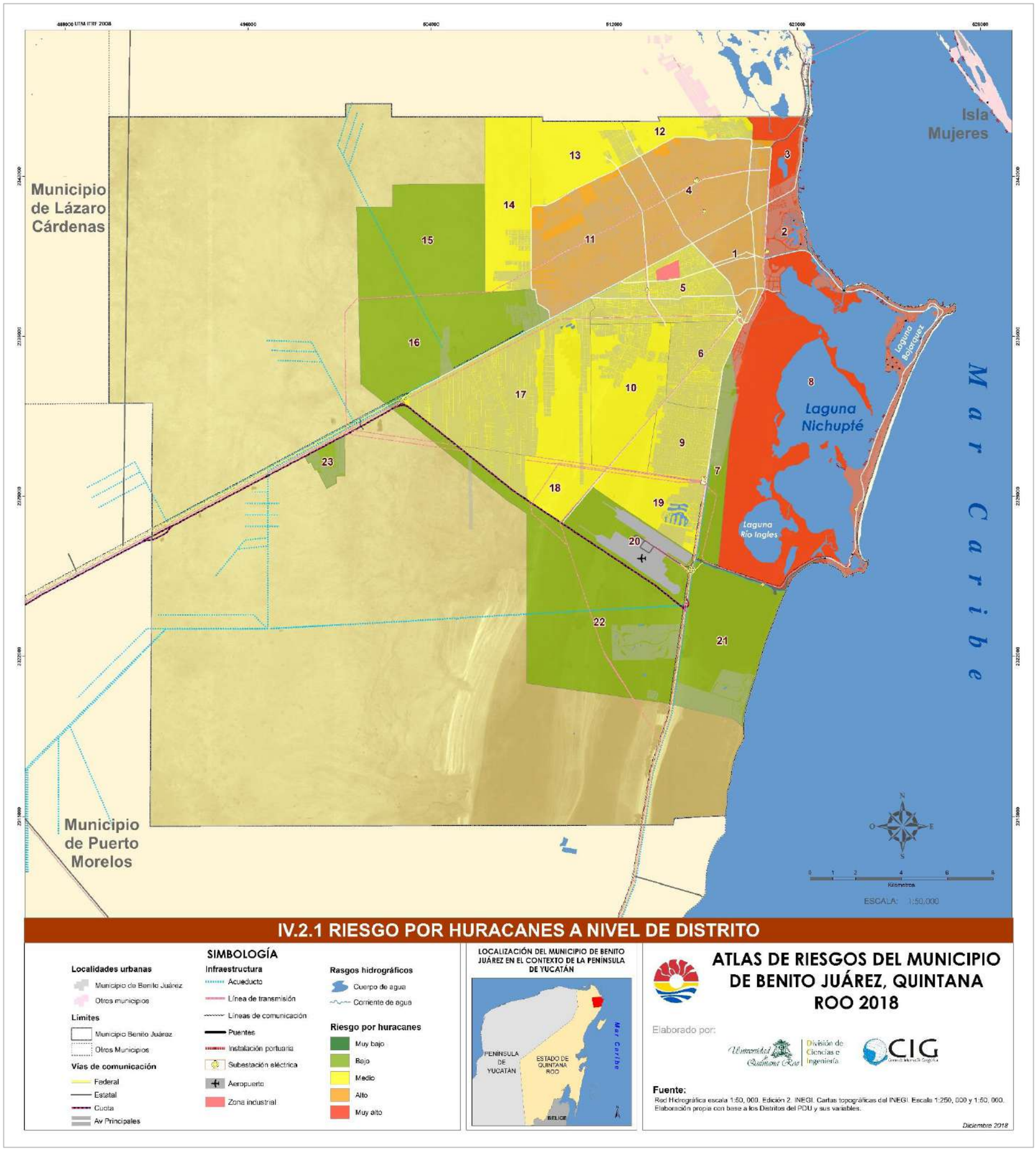
Amenaza



Vulnerabilidad social



Vulnerabilidad física



Los distritos evaluados con un riesgo alto (3) y muy alto (3) representan el 75% de la población de Cancún (571,215 personas y 173,096 viviendas) y son los que se encuentran en la zona costera del municipio. La tabla 126 describe los datos de población y vivienda de cada Distrito, así como su nivel de riesgo ante huracanes.

Tabla 126. Población y vivienda en riesgo por huracanes a nivel de distrito

Distrito	Nivel de riesgo	Población	Viviendas
Distrito 1	Alto	42,389	12,845
Distrito 3	Muy alto	11,700	3,546
Distrito 4	Alto	326,214	98,853
Distrito 5	Medio	146,057	44,260
Distrito 6	Medio	9,001	2,727
Distrito 7	Bajo	155	47

Distrito	Nivel de riesgo	Población	Viviendas
Distrito 8	Muy alto	4,166	1,262
Distrito 9	Medio	18,341	5,558
Distrito 2	Muy alto	1,095	332
Distrito 10	Medio	10,436	3,162
Distrito 11	Alto	185,651	56,258
Distrito 12	Medio	9,107	2,760
Distrito 13	Medio	2,495	756
Distrito 14	Medio	803	243
Distrito 15	Bajo	ND	ND
Distrito 16	Bajo	8,714	2,641
Distrito 17	Medio	26,564	8,050
Distrito 18	Medio	1,302	395
Distrito 19	Medio	ND	ND
Distrito 20	Bajo	ND	ND
Distrito 21	Bajo	ND	ND
Distrito 22	Bajo	ND	ND

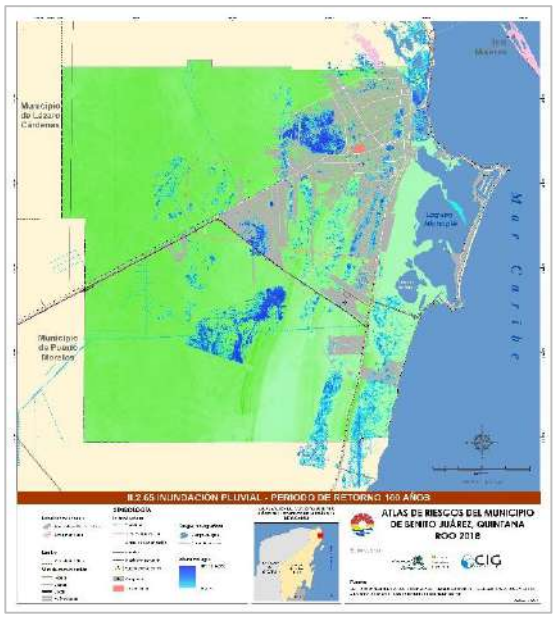
4.6 Riesgo por inundación pluvial

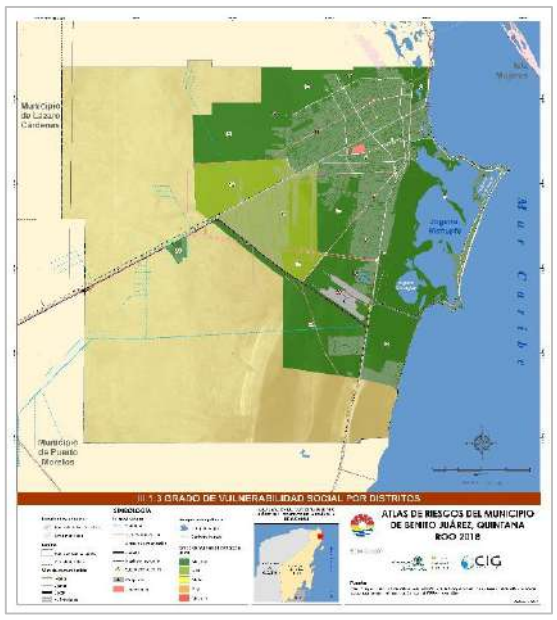
Después de establecer los escenarios de inundación para periodos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años (mapas II.2.62 al II.2.65) se tomó el escenario con láminas de agua más grandes, que corresponde al periodo de retorno de 100 años. Se obtuvieron las zonas del modelo que presentaron una mayor cantidad de zonas inundadas y se evaluaron sobreponiendo los valores de vulnerabilidad social y física. Para llevar a cabo esta evaluación se ponderaron las vulnerabilidades asignado una mayor importancia a la vulnerabilidad física que corresponde a las condiciones de la vivienda.

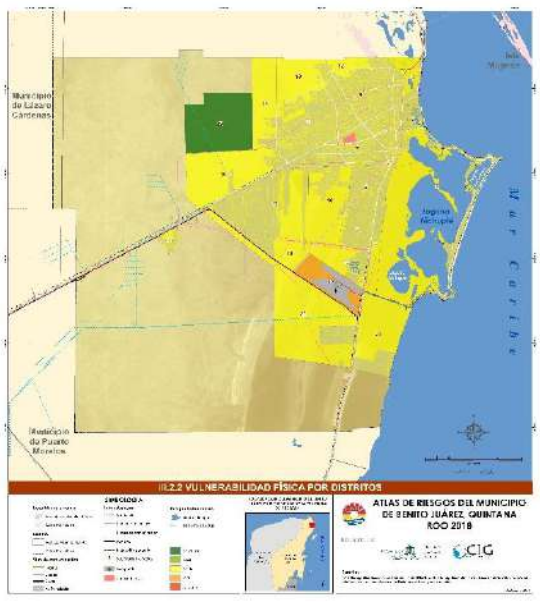
Lo anterior se debe a que un alto porcentaje de las inundaciones afectan en mayor medida a las viviendas que a las personas. Debido a la naturaleza de esta amenaza se tiene un mayor tiempo de reacción por parte de las personas, sin embargo, muchas veces se pierde el patrimonio familiar o se deterioran las viviendas.

El resultado de puede observarse en el mapa IV.2.2 Riesgo por inundación pluvial a nivel de distrito. Aunque cada distrito tiene cierto nivel de riesgo, el distrito 11 presenta un riesgo calificado como alto además de tener un importante número de personas (185,651) y viviendas (56,258) por lo que se convierte una zona de interés para acciones de prevención y planes de emergencia en este tipo de amenazas.

Amenaza **Vulnerabilidad social** **Vulnerabilidad física**







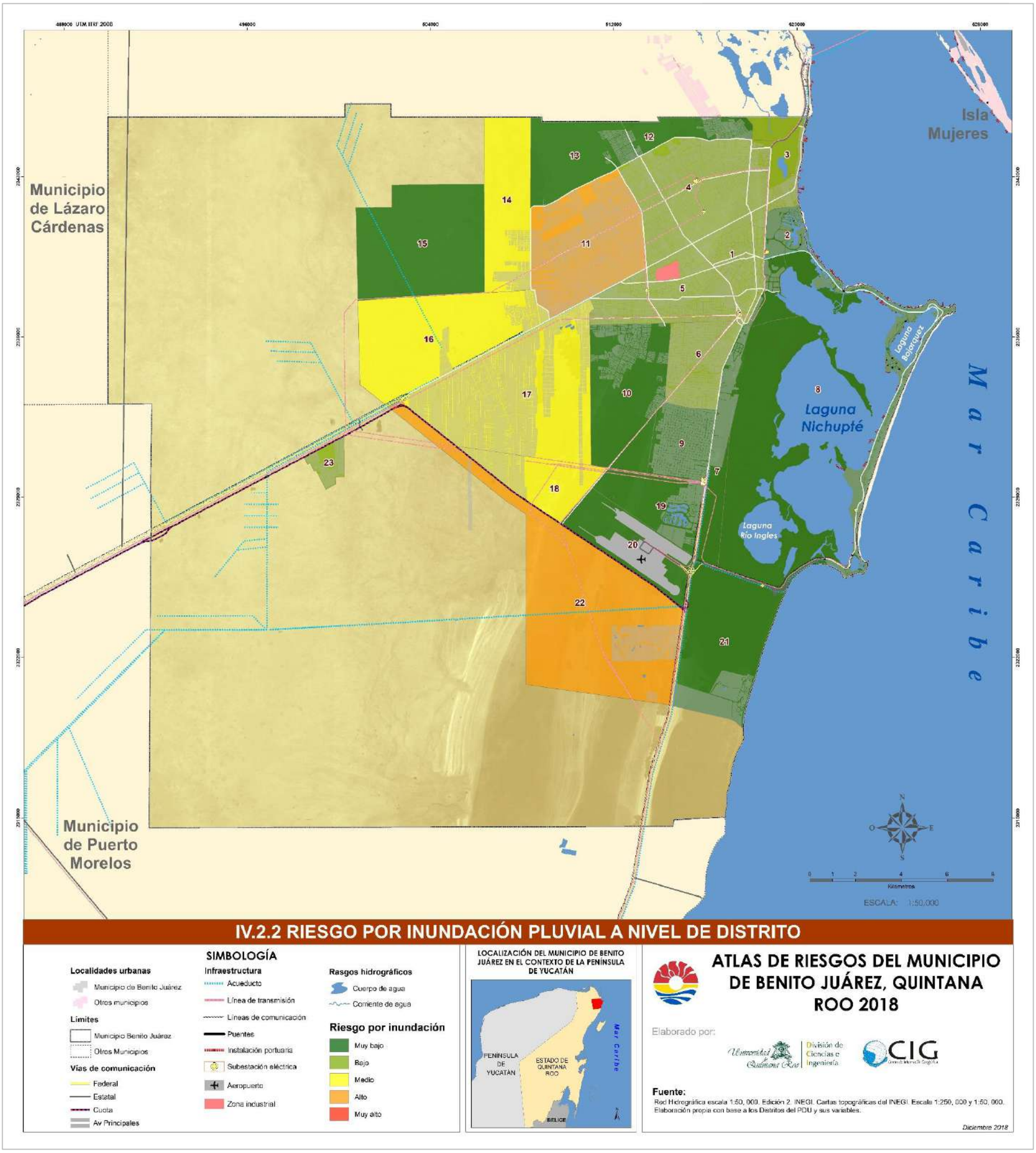


Tabla 127. Población y vivienda en riesgo por inundaciones a nivel de distrito

Distrito	Nivel de riesgo	Población	Viviendas
Distrito 1	Bajo	42389	12845
Distrito 2	Muy bajo	1095	332
Distrito 3	Bajo	11700	3546
Distrito 4	Bajo	326214	98853
Distrito 5	Bajo	146057	44260
Distrito 6	Bajo	9001	2727
Distrito 7	Muy bajo	155	47
Distrito 8	Muy bajo	4166	1262
Distrito 9	Muy bajo	18341	5558
Distrito 10	Muy bajo	10436	3162
Distrito 11	Alto	185651	56258

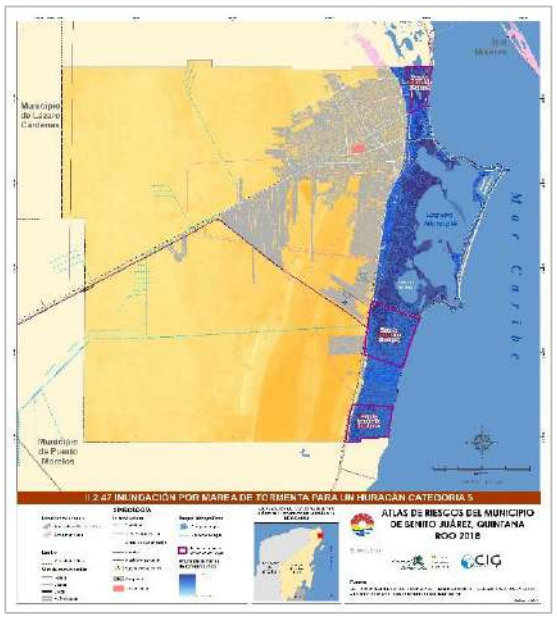
Distrito	Nivel de riesgo	Población	Viviendas
Distrito 12	Muy bajo	9107	2760
Distrito 13	Muy bajo	2495	756
Distrito 14	Medio	803	243
Distrito 15	Muy bajo	ND	ND
Distrito 16	Medio	8714	2641
Distrito 17	Medio	26564	8050
Distrito 18	Medio	1302	395
Distrito 19	Muy bajo	ND	ND
Distrito 20	Muy bajo	ND	ND
Distrito 21	Muy bajo	ND	ND
Distrito 22	Alto	ND	ND

4.7 Riesgo por inundación de marea de tormenta

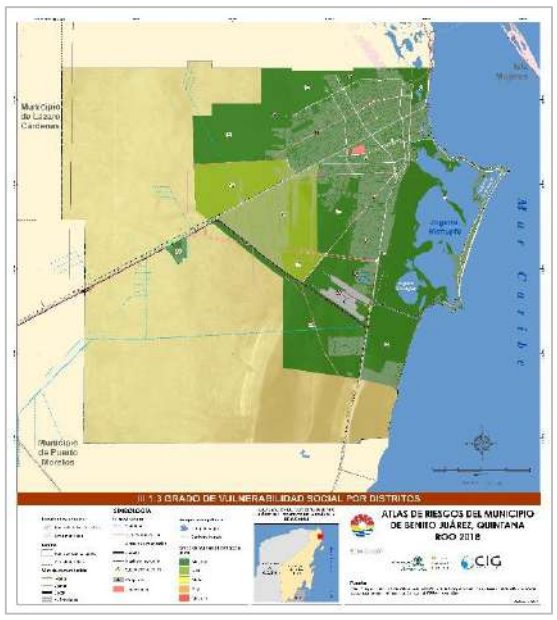
El mapa II.2.47 muestra el peor escenario para una marea de tormenta con olas de 8 metros en el caso de un huracán categoría 5; como puede verse en ese mapa, los distritos de mayor afectación son aquellos que están cercanos a la costa. Para llevar a cabo esta evaluación se ponderaron las vulnerabilidades asignado una mayor importancia a la vulnerabilidad física que corresponde a las condiciones de la vivienda.

El resultado de puede observarse en el mapa IV.2.3 Riesgo de inundación por marea de tormenta a nivel de distrito. Se califico el riesgo para 8 distritos que pueden verse afectados por este fenómeno, incluyendo los distritos 2, 3, 8 y 21; que son donde se encuentra la mayor parte de la infraestructura turística del municipio. Lo datos de población y viviendas afectadas pueden verse en la Tabla 128.

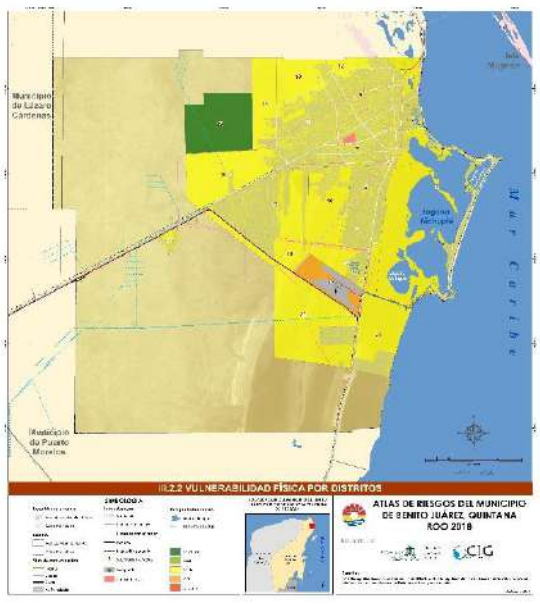
Amenaza



Vulnerabilidad social



Vulnerabilidad física



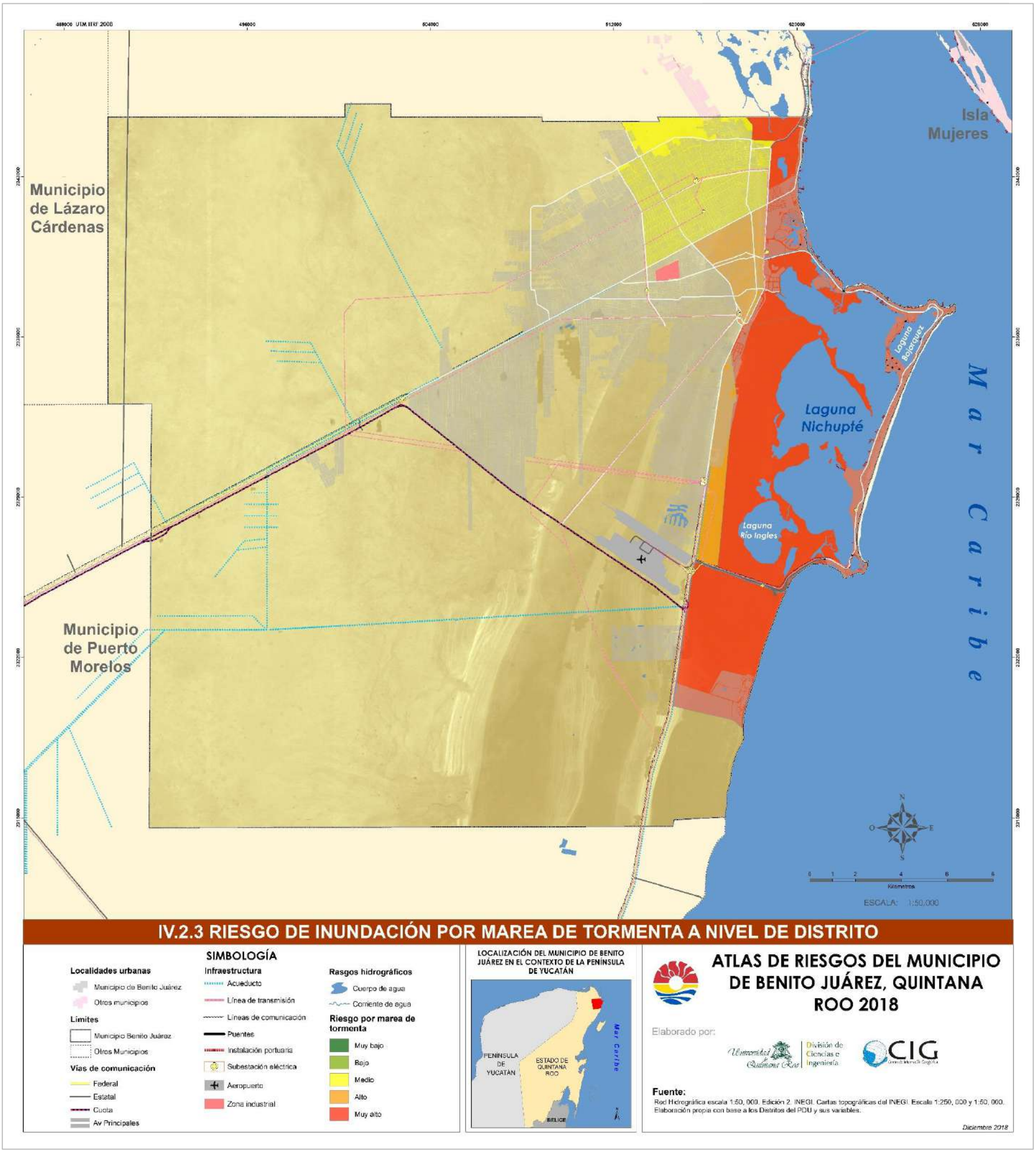


Tabla 128. Población y vivienda en riesgo por inundaciones a nivel de distrito

Distrito	Nivel de riesgo	Población	Viviendas
Distrito 1	Alto	42389	12845
Distrito 2	Muy alto	1095	332
Distrito 3	Muy alto	11700	3546
Distrito 4	Medio	326214	98853
Distrito 7	Alto	155	47
Distrito 8	Muy alto	4166	1262
Distrito 12	Medio	9107	2760
Distrito 21	Muy alto	ND	ND

8. Referencias bibliográficas

Arrenguín, Felipe. 2011. Riesgos por Inundación en México. Tercer Seminario Internacional de Potamología. Agosto, 2011. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Castañeda, F. (2011). "Análisis de Peligros por Procesos de Remoción en Masa en estructuras Volcánicas. Peñón de los baños y peñón del marqués, Distrito federal". Tesis de Maestría. Geociencias y administración de recursos naturales. Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura. Unidad Ticomán. Sección de Estudios de Posgrado e Investigación. Instituto Politécnico Nacional (IPN). México.

CENAPRED (2016). Metodología para elaborar mapas de riesgo por temperaturas máximas (1ª etapa ondas de calor). Subdirección de Riesgos Hidrometeorológicos. Sistema Nacional de Protección Civil. Febrero 2016. México.

CENAPRED, (2014). Metodología para la elaboración de mapas de riesgo por inundaciones en zonas urbanas, Secretaria de Gobernación, México. 2014. 68 pp. (http://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/203.pdf), Consultado el 28 de diciembre de 2018.

CENAPRED. 2014. Serie. Fascículo Inundaciones. Secretaria de Gobernación. México. Secretaría de Gobernación, México. 2014. 56 pp. (https://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/3-FASCCULOINUNDACIONES.PDF), Consultado el 28 de diciembre de 2018.

CENAPRED, (2010). Tormentas Severas. Serie Fascículos. Secretaría de Gobernación. Centro Nacional de Prevención de Desastres. Segunda Edición. México.

CENAPRED (2006). Características e impacto socioeconómico de los huracanes "Stan" y "Wilma" en la República Mexicana en el 2005. Dirección de Investigación. CEPAL. SEGOB.

CONAGUA (2017). Estaciones meteorológicas de los municipios de Quintana Roo. Gerencia Estatal Quintana Roo. Área Técnica.

CONANP (2016). Programa de Manejo Parque Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Primera edición diciembre 2016.

CONAPO. (2010). Quintana Roo: Proyecciones de población de localidades, 210-2030. Obtenido de Consejo Nacional de Población: http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/Proyecciones/Datos/Proyecciones_municipios_y_localidades/Localidades/QuintanaRoo_loc.xlsx

Conjunto de datos vectoriales fisiográficos. Continuo Nacional. Escala 1:1 000 000. Serie I. Provincias fisiográficas, sistemas de topoformas y subprovincias fisiográficas. INEGI.

CRED, 2017. Natural Disaster 2017. Center for research on the epidemiology disaster. USAID. Université catholique de Lovain. 2017.

Diario de Quintana Roo (2018). Vive sobre un cenote. 28 de noviembre. Cecilia Solís. http://www.dqr.com.mx/policia/benito-juarez/48856-vive-sobre-cenote.html.

DOF (2008). Decreto que declara área natural protegida, con la categoría de área de protección de flora y fauna, la región conocida como Manglares de Nichupté, localizada en el Municipio de Benito Juárez, en el Estado de Quintana Roo. Martes 26 de febrero 2008. Diario Oficial.

DOF (2000). Elaboración del Programa de Manejo del Área Natural Protegida con el carácter de Parque Nacional "Arrecife de Puerto Morelos". Lunes 18 de septiembre 2000. Diario Oficial.

EPOCH (European Community Programme), (1993). Temporal occurrence and forecasting of landslides In the European Communiiy, Flageollet; J. C. (ed.), 3 Volumes; Contract no 90 0025.

Fragoso-Servón, P., Bautista, F., Frausto, O., and Pereira, A., 2014, Caracterización de las depresiones kársticas (forma, tamaño y densidad) a escala 1:50000 y sus tipos de inundación en el Estado de Quintana Roo, México: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, v. 31, no. 1, p. 127–137.

Frausto, O., Thomas Ih, S., Cervantes, A. y Gutiérrez, M., (2010). Vulnerabilidad a la inundación en las formas exocarsticas del noreste de la Península de Yucatán. VI Seminario Latino Americano de Geografía Física. II Seminario Ibero-Americano de Geografía Física. Universidad de Coimbra, Maio de 2010.

Highland, L., and Bobrowsky, P. T. (2008). The landslide handbook: a guide to understanding landslides. Reston, VA, USA: US Geological Survey.129.

Cartas topográficas del INEGI. Escala 1:250, 000 y 1:50, 000. Edafología. Serie III.

Hernández, M.L, Carreño, M.L y Castillo, L. (2018), Methodologies and tools of Risk Management: Hurricane Risk Index (HRi), International Journal of Disaster Risk Reduction, https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2018.08.006.
Hernández, M-L., (2014). Evaluación del riesgo y vulnerabilidad ante la amenaza de huracanes en zonas costeras del Caribe Mexicano: Chetumal y Mahahual. Tesis Doctoral. Universidad de Quintana Roo. Doctorado en Geografía de la División de Ciencias e Ingeniería. Chetumal, Quintana Roo, México. Disponible de: ⟨http://192.100.164.54/janium-bin/detalle.pl?Id=20180206133947⟩.

Highland, L., and Bobrowsky, P. T. (2008). The landslide handbook: a guide to understanding landslides. Reston, VA, USA: US Geological Survey.129.

Hutchinson, J. N.; (1968). *Mass movement*. En Fairbridge. R. W. (ed.); Encyclopedia of Earth Sciences; Reinhold, New York; pp. 688-695.

INEGI. (2017). Anuario estadístico y geográfico de Quintana Roo 2017. Recuperado de DATATUR: Análisis Integral del Turismo: https://www.datatur.sectur.gob.mx/ITxEF_Docs/QROO_ANUARIO_PDF.pdf

INEGI (2017). Conjunto de datos vectoriales de uso del suelo y vegetación escala 1:250 000, serie VI (conjunto nacional). INEGI, 2014-2017.

INEGI. (2015). Encuesta Intercensal 2015. Obtenido del Instituto Nacional de Estadística y Geografía: https://www.inegi.org.mx/programas/intercensal/2015/

INEGI. (2015). Panorama sociodemográfico de Quintana Roo 2015. (INEGI, Editor). Recuperado de COESPO (Consejo Estatal de Población): http://coespo.qroo.gob.mx/Descargas/doc/Encuesta%20Intercensal/Principales%20Resultados%20de%20la%20Encuesta%20Intercensal%202015%20Q%20Roo.pdf

INEGI. (2015). Principales resultados de la Encuesta Intercensal 2015: Quintana Roo. (INEGI, Editor). Recuperado de COESPO (Consejo Estatal de Población): http://coespo.qroo.gob.mx/Descargas/doc/Encuesta%20Intercensal/Principales%20Resultados%20de%20la%20Encuesta%20Intercensal%202015%20Q%20Roo.pdf

INEGI. (2010). Censo de Población y Vivienda 2010. Consultado en http://www.beta.inegi.org.mx/app/tmp/scitel/Default?ev=5

INEGI. (2002). Estudio hidrológico del estado de Quintana Roo. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Recuperado de https://books.google.com.mx/books?id=PY4jAQAAIAAJ

INEGI. Conjunto de datos vectoriales Geológicos. Escala 1:1 000 000. Continuo Nacional. Fallas fracturas IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp. (https://archive.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full_wcover.pdf), Consultado el 28 de diciembre de 2018.

Landsea, C. (2011). ¿Qué es un disturbio tropical, una depresión tropical y una tormenta tropical? NHC – National Hurricane Center. Consultado en línea: http://www.aoml.noaa.gov/hrd/tcfaq/A5_esp.html de la División de Investigación de Huracanes del Centro Nacional de Huracanes de la NOOA.

Martell-Dubois, Raúl, Mendoza-Baldwin, Edgar, Mariño-Tapia, Ismael, Silva-Casarín, Rodolfo, & Escalante-Mancera, Edgar. (2012). Impactos de corto plazo del huracán Dean sobre la morfología de la playa de Cancún, México. Tecnología y ciencias del agua, 3(4), 89-111. Recuperado en 28 de enero de 2019, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007242220120004000006&lng=es&tlng=es

Moral, L. (2014). Cálculo de la susceptibilidad de deslizamiento del terreno en Lorca mediante un Sistema de Información Geográfica. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Superior de Ingenieros en Topografía, Geodesia y Cartografía. España. Julio 2014. Trabajo de fin de grado.

NOAA (2018), Trayectorias de huracanes 1851-2017 obtenidas de: http://www.ncdc.noaa.gov/ibtracs/index.php? name=wmo-data.

OMM (1993): Vocabulario Meteorológico. Organización Meteorológica Mundial.

Red Hidrográfica escala 1:50, 000. Edición 2. INEGI. CONAGUA (2014). Atlas del agua en México 2014. Comisión Nacionalbdel Agua. ISBN: 978-607-8246-76-2. UQROO-CIG (2011). Atlas de Riesgos y Desastres Naturales. Municipio de Benito Juárez. Quintana Roo. México.

Rosengaus M., Jiménez M., y Vázquez, Ma. (2002) “Atlas climatológico de ciclones tropicales en México”. CENAPRED-IMTA. México, 106 pp. 2002.

SEDATU, 2018: Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos. 2018. Programa de Prevención de Riesgos en Asentamientos Humanos. Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano.

SEMARNAT (2016). Estadísticas del Agua en México. CONAGUA. México.
SGM (2017). Panorama Minero del Estado de Quintana Roo. Servicio Geológico Mexicano. Secretaría de Economía. México.

SINAPROC/CENAPRED (2006). Evaluación de la vulnerabilidad Física y Social. Atlas Nacional de Riesgos. SEGOB, CENAPRED.

SINAPROC-CENAPRED (2004). Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. Serie: Atlas Nacional de Riesgos (AR 1). Secretaria de Gobernación. Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC). Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). México. D.F.

Schott, T., Landsea, C., Hafele, G., Lorens, J., Thurm, H., Ward, B., Zaleski, W. (2012). The Saffir-Simpson Hurricane Wind Scale (pp. 1–4). Disponible en: http://www.nhc.noaa.gov/pdf/sshws.pdf

Suárez J., (1998). “Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales”. Instituto de Investigaciones sobre erosión y deslizamientos. Bucaramanga, Colombia, 548.p.

Varnes, D.J.; (1978). Slope movement types and processes. In R.L. Schuster y R. J. Krizek (Eds.); Landslides: analysis and control; Transportation Research Board; Special report 176; 11-33.

WMO/OMM/BMO (2012), Glosario Hidrológico Internacional (nº385), Secretaría de la Organización Meteorológica Mundial, Suiza, 137 pp. (http://www.wmo.int/pages/prog/hwrp/publications/international_glossary/385_IGH_2012.pdf), Consultado el 28 de diciembre de 2018.

9. Glosario

Albergue.- Lugar físico destinado a prestar asilo, amparo y alojamiento a personas ante la amenaza, inminencia u ocurrencia de un fenómeno destructivo. Generalmente es proporcionado en la etapa de auxilio.

Alarma.- Aviso o señal que se da para que se sigan instrucciones específicas debido a la presencia real o inminente de un evento adverso.

Actividad económica.- Conjunto de operaciones relacionadas con la producción y distribución de bienes y servicios.

Amenaza.- Probabilidad de que ocurra un fenómeno potencialmente dañino dentro de un área y período de tiempo dado.

Ciclón Tropical.- Fenómeno natural que se origina y desarrolla en mares de aguas cálidas y templadas y dura varios días; consiste en fuertes vientos rotativos que se mueven circularmente en forma de remolino de ahí su nombre y de precipitaciones abundantes, acompañadas de un descenso de temperatura y de presión.

CONABIO.- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad

CONAGUA.- Comisión Nacional del Agua.

Damnificado.- Persona afectada por un desastre, que ha sufrido daño o perjuicio en sus bienes, en cuyo caso generalmente ha quedado ella y su familia sin alojamiento o vivienda.

Desastre: Una interrupción seria en el funcionamiento de una sociedad causando vastas pérdidas a nivel humano, material o ambiental, suficientes para que la sociedad afectada no pueda salir adelante por sus propios medios.

Deslizamiento. Fenómeno de desplazamiento masivo de material sólido que se produce bruscamente, cuesta abajo a lo largo de una pendiente cuyo plano acumula de manera parcial la misma materia, autolimitando su transporte

Dolina. - Depresión originada por colapso en áreas de disolución calcárea.

Edafología. - Proviene de las raíces griegas “édaphos - suelos” y "logos - estudio", estudio del suelo; relacionando la composición y naturaleza del mismo, con las plantas y el entorno que le rodea.

Emergencia.- Evento repentino e imprevisto, que hace tomar medidas inmediatas para minimizar sus consecuencias,

Erupción Volcánica.- Fenómeno geológico que consiste en la liberación de magma proveniente de capas profundas de la tierra, aflora a la superficie por aberturas o fisuras de la corteza terrestre.

Falla.- Ruptura de la roca a lo largo del cual se produce un desplazamiento relativo entre los bloques que separa.

Fisiografía.- Ciencia que tiene por objeto la descripción de la Tierra y de los fenómenos localizados en ella.

Fractura.- Superficie de ruptura en rocas a lo largo de la cual no ha habido movimiento relativo, de un bloque respecto a otro.

Freático.- Nivel de las aguas acumulados en el subsuelo sobre una capa impermeable del terreno

Geología.- Es la ciencia por excelencia de la tierra dado que estudia su origen, su conformación, todos los materiales que la integran tanto interna como exteriormente y los procesos que la misma ha atravesado y que marcaron su evolución.

Geomorfología.- Rama de la geología y de la geografía que estudia las formas de la superficie terrestre y los procesos que las generan.

Humedad.- Cantidad de agua, que, en estado gaseoso o líquido, se halla suspendida en el aire en un determinado momento.

Huracán.- Los huracanes son enormes tormentas tropicales giratorias caracterizadas por poderosos vientos y lluvias torrenciales. El fenómeno tormentoso alcanza a veces 800 kilómetros de diámetro y está constituido por vientos y nubes que forman una espiral en torno a un centro común que se denomina “ojo”. El aire es tranquilo y sin nubes en la zona del ojo, que mide unos 25 kilómetros de diámetro, pero está rodeado por una enorme pared de densas nubes que producen las precipitaciones más intensas del huracán y en la que el viento alcanza mayor velocidad. Para que una tormenta se clasifique como huracán, sus vientos deben soplar por lo menos a 120 kilómetros por hora, pero su velocidad alrededor del ojo suele superar con frecuencia los 240 kilómetros.

INEGI.- Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

Infraestructura.- Datos e información geográfica que se refieren a cualquier obra hecha por el hombre ubicada en alguno de los 6 ámbitos geográficos generales del territorio del área de estudio. Ejemplo: carreteras, localidades, puentes, presas, tendidos eléctricos, redes de comunicación telefónica, faros, puertos, límites político administrativos, demarcaciones geográficas de cualquier tipo, plataformas petroleras, etc.

Inundación.- Efecto generado por el flujo de una corriente, cuando sobrepasa las condiciones que le son normales y alcanza niveles extraordinarios que no pueden ser controlados. Se trata de una situación en la cual el agua cubre un terreno que normalmente no está cubierto de agua.

Lahar.- Los lahares son mezclas de agua con una alta concentración de sedimentos y escombros de rocas volcánicas los cuales se desplazan pendiente abajo en los volcanes, influenciados por la gravedad. Debido a su naturaleza son muy erosivos, generalmente se desplazan por los drenajes a grandes velocidades (incluso mayores a 70 km/h), y pueden alcanzar grandes distancias (hasta cientos de kilómetros) lejos
de su fuente.

Localidad.- Todo lugar que esté habitado. Es todo lugar poblado, ciudad, pueblo, hacienda, rancho, etc., que tenga un nombre, una categoría política, ya sea por ley o costumbre.

Litología. - Parte de la geología que trata de las rocas.

Mapa de Riesgo.- Representación gráfica de la distribución espacial de los tipos y efectos que puede causar un evento, de una intensidad definida al cual se le agrega la señalización de un tipo específico de riesgo, diferenciando las probabilidades de un desastre.

Metadatos.- La definición más concreta de los metadatos es que son "datos acerca de los datos" y sirven para suministrar información sobre los datos producidos. Los metadatos consisten en información que caracteriza datos, describen el contenido, calidad, condiciones, historia, disponibilidad y otras características de los datos. Los Metadatos permiten a una persona ubicar y entender los datos, incluyen información requerida para determinar qué conjuntos de datos existen para una localización geográfica particular, la información necesaria para determinar si un conjunto de datos es apropiado para fines específicos, la información requerida para recuperar o conseguir un conjunto ya identificado de datos y la información requerida para procesarlos y utilizarlos.

Mitigación.- Acción orientada a disminuir la intensidad de los efectos que produce el impacto de las calamidades en la sociedad y en el medio ambiente.

Placa tectónica.- Es una porción de la litosfera, que es la capa más externa de la corteza terrestre, y puede ser continental u oceánica. En la actualidad, se reconocen 7 u 8 grandes placas y varias docenas de placas de menor tamaño e importancia.

Prevención.- Conjunto de medidas cuyo objeto es impedir o evitar que sucesos naturales, tecnológicos o generados por el hombre causen desastres.

Provincia Fisiográfica.- Conjunto estructural de origen geológico unitario, con morfología propia y distintiva.

Reconstrucción.- Acciones tomadas para establecer una comunidad después de un período de rehabilitación, subsiguiente a un desastre.

Refugio.- Un refugio es el espacio físico donde se brinda protección y atención especializada e interdisciplinaria **a** las víctimas de un desastre. Un ejemplo muy común son las instalaciones de las escuelas.

SCT.- Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Sistema de Topoformas.- Conjunto de formas del terreno asociadas según algún patrón o patrones estructurales y/o degradativo.

Subprovincia/Discontinuidad Fisiográfica.- Subregiones de una provincia fisiográfica con características distintivas.



Documento elaborado por:

Centro de Información Geográfica (CIG)

División de Ciencias e Ingeniería

Universidad de Quintana Roo

Equipo CIG

Mtro. Gerardo Daniel López Montejo (lmontejo@uqroo.edu.mx)

Responsable del Centro de Información Geográfica

Dra. María Luisa Hernández Aguilar (malu@uqroo.edu.mx)

Responsable de Sistemas de Información Geográfica y Percepción Remota

LI. Alicia Guadalupe Robertos Pinto (alirober@uqroo.edu.mx)

Responsable del Área de Desarrollo de Sistemas

Ing. Ramiro Cabrera Guillermo (ramiro@uqroo.edu.mx)

Analista del Área Forestal

Ing. Randy Mauricio Martínez Torres (randy.mmt@gmail.com)

Analista en el Área Ambiental

Dirección: Boulevard Bahía S/N esq. Ignacio Comonfort.

Colonia del Bosque. C.P. 77019.

Chetumal, Quintana Roo

Teléfono: (01-983) 83 50374

Fax: (01-983) 83 50328

Email: cig@uqroo.mx

http://www.cig.uqroo.mx