Cuarto informe técnico

DESARROLLO DE ESTRATEGIAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMATICO EN MUNICIPIOS VULNERABLES DEL GOLFO DE MÉXICO

Noviembre 2015

Cuarto informe técnico

DESARROLLO DE ESTRATEGIAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMATICO EN MUNICIPIOS VULNERABLES DEL GOLFO DE MÉXICO

Convenio INEC/A1-013/2014

PROPUESTA METODOLOGICA PARA LA SELECCION DE MUNICIPIOS VULNERABLES EN VERACRUZ PARA TRABAJAR EL PROYECTO "DESARROLLO DE ESTRATEGIAS DE ADAPTACION AL CAMBIO CLIMATICO EN MUNICIPIOS VULNERABLES DEL GOLFO DE MEXICO"

Noviembre de 2015

Patricia Moreno-Casasola
Coordinadora del proyecto

Xalapa, Ver., 12 de noviembre de 2015.

Dra. Cecilia Conde
Directora General de Investigación y Ordenamiento Ecológico y Conservación de los Ecosistemas
Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
SEMARNAT
Presente

Por medio de la presente le hago llegar el informe técnico final del estudio titulado "DESARROLLO DE ESTRATEGIAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN MUNICIPIOS VULNERABLES DEL GOLFO DE MÉXICO" correspondiente al Convenio INECC/A1-013/2014. En dicho documento se describen los parámetros usados, la metodología utilizada para generar los escenarios climáticos y los mapas de vulnerabilidad, el trabajo con los municipios y la población y la estrategia de adaptación al cambio climático. Para ello se genero un sistema de información geográfica en Arc View. El trabajo se realizó en las zonas rurales de los municipios de San Andrés Tuxtlas y Catemaco en la región de Los Tuxtlas; Tatatila y Las Minas, en la zona de montaña, y finalmente San Rafael, Tecolutla y Gutiérrez Zamora (zona costera). Quedo a la espera de sus comentarios.

Aprovecho para enviarle un cordial saludo,

Atentamente,

Dra. Patricia Moreno-Casasola

Red de Ecología Funcional
Correo electrónico: patricia.moreno@inecol.mx tel: (228) 842 18 06 y 8421800 ext. 4204, www.costasustentable.org
Carretera antigua a Coatepec 351, El Haya, AP 63, Xalapa 91070, Veracruz, México

PARTICIPANTES

Grupo INECOL

Dra. Patricia Moreno-Casasola
Dr. Sergio Guevara Sada
Biol. Roberto Monroy
Dra. Adi Lazos
M. en C. Blanca Escamilla
M. C. A. Lorena Sánchez Higueredo
Dr. Javier Laborde Dovalí
M. en Ing. Iris Neri
Ing. Sara Pérez
Dr. Martín Siromba
Marylin Bejarano C.

Grupo Pladeyra:

Dra. Isabel García Coll
Sociólogo Alberto Niño Cruz
M. en Informática Ixchel Sheseña Hernández
M. en C. Aníbal Ramírez Soto

Grupo Clima Universidad Veracruzana

M.G. Beatriz Elena Palma Grayeb
M.C. Rosa Elena Morales Cortez
M.C. Gabriela Colorado Ruíz
Dr. Juan Cervantes Pérez
M.G. Rafael Alberto Palma Grayeb
Servicios Sociales:
Aranza Elizabeth Baruch Vera
Hiram Abif Meza Landero

Grupo Colegio de Veracruz:

Dra. Ma. Angeles Piñar
Ing. Iván López Sánchez
Lic. Esveyde del Castillo Jiménez

INDICE

INTRODUCCIÓN GENERAL 1

La adaptación como modelo de desarrollo 1

La adaptación basada en los ecosistemas (ABE) 7

Ventajas de la Adaptación basada en Ecosistemas 11

Antecedentes conceptuales 13

Marco de análisis 15

La seguridad alimentaria 18

MUNICIPIOS TATATILA Y LAS MINAS 22

I. **CLIMATOLOGÍA REGIÓN LAS MINAS Y TATATILA** 22

I.1. **Objetivo** 22

I.2. **La región y su clima** 23

I.2.1.1. **El espacio en estudio** 23

I.3. **Los climas** 28

I.4. **Sistemas de circulación** 35

I.4.1. **Frentes fríos** 36

I.4.2. **Ondas del este** 40

I.4.3. **Huracanes** 44

I.5. **Elementos climáticos** 47

I.5.1. **Temperatura** 47

I.5.1.1. **Temperatura mínima** 47

I.5.1.2. **Temperatura máxima** 48

I.5.2. **Precipitación** 49

I.6. **Tendencias y eventos externos** 50

I.6.1. **Datos que exceden el umbral respecto al valor medio del período 1950-2011** 52

I.6.2. **Tendencias** 61

I.7. **Proyecciones de Cambio Climático para los municipios Las Minas y Tatatila, Veracruz** 67

I.8. **Futuro cercano (2015-2039)** 69

I.9. **Futuro cercano (2075-2099)** 71
I.10. **Anexos** 76
II. **SENSIBILIDAD TERRITORIAL, ECOSISTÉMICA Y SOCIOECONÓMICA** ... 83
II.1. **Sensibilidad territorial: análisis de la vulnerabilidad en los municipios de Tatatila y Las Minas, Veracruz.** 83
II.1.1. **Evaluación de las variables del medio físico** 84
II.1.1.1. **Clima** 86
II.1.1.2. **Sistemas de circulación** 91
II.1.1.2.1. **Frentes fríos** 92
II.1.1.2.2. **Ondas del oeste** 94
II.1.1.2.3. **Huracanes** 95
II.1.1.3. **Los elementos climáticos** 97
II.1.1.3.1. **Precipitación** 98
II.1.1.4. **Tendencias y eventos extremos** 100
II.1.1.4.1. **Datos que exceden el umbral respecto al valor medio del período 1950-2011** 101
II.1.1.5. **Geología** 107
II.1.1.5.1. **Geología económica** 109
II.1.1.6. **Geomorfología** 112
II.1.1.7. **Hidrología** 116
II.1.1.8. **Tipos de suelo** 121
II.1.1.8.1. **Luvisoles** 123
II.1.1.8.2. **Andasoles** 125
II.1.1.9. **Grado de inclinación de las pendientes** 128
II.1.2. **Evaluación de las variables del medio biológico: vegetación y usos del suelo** 131
II.1.3. **Marco metodológico para evaluar la vulnerabilidad al cambio climático** 137
II.1.3.1. **Identificación de las zonas sujetas a peligros ante eventos climáticos** 140
II.1.3.2. **Peligro de erosíon** 141
II.1.3.2.1. **Resultados del análisis de peligro de erosión** 143

II.1.3.3. **Peligro de derrumbes y deslizamientos de ladera** **148**
II.1.3.3.1. **Evaluación del peligro de derrumbes en Las Minas y Tatatila** **150**
II.1.3.3.1.1. **Resultados del análisis de peligro de derrumbes** **152**
II.1.3.3.2. **Peligro de deslizamiento de laderas** **156**
II.1.3.3.2.1. **Resultados del análisis del peligro de deslizamiento** **157**
II.1.3.4. **Peligro de desbordamiento de cauces** **159**
II.1.3.4.1. **Resultados del análisis de peligro de desbordamiento de cauces e inudación** **160**
II.1.4. **Exposición a peligros por eventos climáticos adversos** **165**
II.1.4.1. **Exposición de la población y sus localidades** **166**
II.1.4.2. **Exposición de las actividades productivas** **172**
II.1.4.3. **Exposición de los ecosistemas** **176**
II.1.4.4. **Exposición de las vías de comunicación** **183**
II.1.5. **Analisis hidrológico Tatatila-Las Minas-San Rafael** **187**
II.1.5.1. **Antecedentes** **187**
II.1.5.2. **Zona de estudio** **191**
II.1.5.3. **Modelo conceptual de funcionamiento hidrológico** **193**
II.1.5.4. **Resultados** **198**
II.1.5.4.1. **Caudales ordinarios estacionales** **198**
II.1.5.4.2. **Regimen de avenidas** **198**
II.1.5.4.2.1. **Magnitud de las avenidas** **199**
II.1.5.4.2.2. **Duración de la avenida** **200**
II.1.5.4.3. **Pulsos de inundación** **201**
II.1.5.4.4. **Hietogramas e hidrogramas observados** **203**
II.1.5.5. **Modelo hidráulico** **206**
Anexo 1. Parámetros morfométricos de las subcuencas **212**
II.2. **SENSIBILIDAD SOCIOECONÓMICA Y VALORACIÓN ECOSISTÉMICA ANTE EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS** **222**
II.2.1. **Sensibilidad socioeconómica a nivel de localidad en los municipios de Las Minas y Tatatila, Veracruz** **222**
II.2.1.1. **Introducción** **222**
II.2.1.1.1. **Elementos teóricos, conceptuales y operacionales** **223**

II.2.1.2. **Casos y variables** 224
II.2.1.3. **Resultados** 228
II.2.1.3.1. **Municipio Las Minas** 229
II.2.1.3.1.1. **Casos** 229
II.2.1.3.1.2. **Procedimiento** 230
II.2.1.3.1.3. **Resultados en el municipio Las Minas** 233
II.2.1.3.2. **Municipio Tatatila** 234
II.2.1.3.2.1. **Casos** 235
II.2.1.3.2.2. **Procedimiento** 235
II.2.1.3.2.3. **Resultado municipio Tatatila** 237
II.3. **Valoración de los ecosistemas ante el cambio climático en los municipios de Las Minas y Tatatila, Veracruz.** 240
II.3.1. **Índice de verdor o NDVI (Normalized Vegetation Difference Index).** 243
II.3.2. **La conectividad y los fragmentos** 247
III. **ESTIMACIÓN DE LOS IMPACTOS POTENCIALES Y LA VULNERABILIDAD SOCIOAMBIENTAL EN LOS MUNICIPIOS DE LAS MINAS Y TATATILA, VERACRUZ** 251
III.1. **Impactos potenciales ante eventos climáticos adversos** 251
III.2. **Resultados de la evaluación del impacto potencial** 253
III.3. **Valor ecosistémico por AGEB rural** 255
III.4. **Vulnerabilidad socioambiental** 258
III.5. **Resultados de vulnerabilidad socioambiental por AGEB** 260
IV. **LA PERCEPCIÓN SOCIAL Y EL CAMBIO CLIMÁTICO** 264
IV.1. **Percepciones y estrategías para disminuir la vulnerabilidad y adaptación al cmabio climático** 264
IV.1.1. **Tatatila** 264
IV.1.2. **Las Minas** 265
IV.1.2.1. **Rinconada** 267
IV.1.2.2. **Carboneras** 268
IV.1.2.3. **Romerillos** 269
IV.1.3. **Comparando las informaciones del índice de sensibilidad con los resultados de los cuestionarios** 271

IV.2. **Informe metodológico: talleres de cambio climático en comunidades 326**

IV.2.1. **Introducción** **326**

IV.2.2. **Contenido de los talleres** **329**

IV.2.3. **Participación social en los talleres de los municipios de Tatatila y Las Minas** **330**

IV.2.4. **Ruta metodológica** **331**

IV.2.4.1. **PASO 1. Reunion de presentacion del proyecto con presidente municipal y equipos de gobierno.** **331**

IV.2.4.2. **PASO 2. Primer taller comunitario con autoridades comunitarias y actores de la sociedad civil** **333**

IV.2.4.3. **PASO 3. Segundo taller comunitario con autoridades comunitarias y actores de la sociedad civil** **340**

IV.2.4.4. **PASO 4. Taller de cierre del proceso de trabajo con equipos de gobierno de los ayuntamientos de Tatatila y Las Minas** **345**

IV.2.5. **Resultados del proceso** **346**

MUNICIPIOS TECOLUTLA, GUTIÉRREZ ZAMORA Y SAN RAFAEL **364**

I. **CLIMATOLOGÍA REGIÓN TECOLUTLA – NAUTLA DE APOYO AL ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD REGIONAL** **364**

I.1. **Objetivo** **364**

I.2. **La región y su clima** **365**

I.2.1. **El municipio de Tecolutla** **367**

I.2.2. **El municipio de Gutiérrez Zamora** **369**

I.2.3. **El municipio de San Rafael** **370**

I.3. **Clima observado** **371**

I.4. **Sistemas de circulación** **379**

I.4.1. **Ondas del este y ciclones tropicales** **380**

I.4.2. **Nortes** **391**

I.5. **Los elementos climáticos** **395**

I.5.1. **Temperatura** **395**

I.5.1.1. **Temperatura mínima** **395**

I.5.1.2. **Temperatura máxima** **396**

I.5.2. **Precipitación** **397**

I.6. **Tendencias y eventos extremos** 398
I.6.1. **Datos que exceden el umbral respecto al valor medio del período 1950-2011** 400
I.6.2. **Tendencias** 404
I.7. **Proyecciones de Cambio Climático para la región de estudio.** 407
I.8. **Futuro cercano (2015-2039)** 410
I.8.1. **Temperatura máxima** 410
I.8.2. **Temperatura mínima** 411
I.8.3. **Precipitación** 412
I.9. **Futuro lejano (2075-2099)** 413
I.9.1. **Temperatura máxima** 413
I.9.2. **Temperatura mínima** 414
I.9.3. **Precipitación** 415
I.10. **Anexos** 419
II. **SENSIBILIDAD TERRITORIAL, ECOSISTÉMICA Y SOCIOECONÓMICA** 426
II.1. **Introducción** 426
II.2. **Análisis de los componentes del medio físico-biológico** 431
II.2.1. **Clima Observado** 431
II.2.1.1. **Sistemas de circulación** 435
II.2.1.2. **Ondas del este y ciclones tropicales** 436
II.2.1.3. **Nortes** 443
II.2.2. **Tendencias y eventos extremos** 444
II.2.2.1. **Datos que exceden el umbral respecto al valor medio del período 1950-2011** 445
II.2.3. **Geología** 449
II.2.4. **Geomorfología** 454
II.2.5. **Suelos** 459
II.2.6. **Hidrología** 463
II.2.7. **Grado de inclinación de las pendientes** 465
II.2.8. **Vegetación y usos del suelo** 467
II.2.8.1. **Descripción de los tipos de vegetación** 470

II.2.8.1.1. Bosque de encino tropical 470
II.2.8.1.2. Bosques tropicales perennifolios (selva mediana y selva alta) . 471
II.2.8.1.3. Dunas costeras 472
II.2.8.1.4. Manglares 472
II.2.8.1.5. Humedales herbáceos de agua dule y selvas inundables 475
II.3. Identificacion de las zonas sujetas a peligros ante eventos climáticos 478
II.3.1. Peligro de inundación 479
II.3.2. Exposición a peligros por eventos climáticos adversos 486
II.3.2.1. Exposición de la población 487
II.3.2.1.1. Método 487
II.3.2.1.2. Resultado 488
II.3.2.2. Exposición de las vías de comunicación terrestre 492
II.3.2.2.1. Método 492
II.3.2.2.2. Resultado 493
II.3.2.3. Exposición de los sistemas productivos 496
II.3.2.3.1. Método 496
II.3.2.3.2. Resultado 496
II.3.2.4. Conclusión 499
II.4. SENSIBILIDAD SOCIOECONÓMICA Y VALORACIÓN ECOSISTÉMICA FRENTE A EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS 501
II.4.1. Sensibilidad socioeconómica a nivel de localidad en los municipios costeros 501
II.4.1.1. Introducción 501
II.4.1.2. Elementos teóricos, conceptuales y operacionales 501
II.4.1.3. Casos y variables 502
II.4.1.3.1. Tratamiento de las variables 504
II.4.1.4. Procedimiento general 505
II.4.1.5. Sobre los resultados 505
II.4.1.5.1. Gutiérrez Zamora 506
II.4.1.5.2. San Rafael 510

II.4.1.5.3. **Tecolutla** **515**

II.5. **VALORACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS Y LOS SERVICIOS AMBIENTALES** **521**

II.5.2. **Problemática de manglares** **536**

II.5.3. **Problemática de humedales de agua dulce** **536**

II.5.4. **LOS SERVICIOS AMBIENTALES** **538**

II.6. **ESTIMACIÓN DE LOS IMPACTOS POTENCIALES Y LA VULNERABILIDAD SOCIOAMBIENTAL EN LOS MUNICIPIOS** **548**

II.6.1. **Impactos potenciales ante eventos climáticos adversos** **549**

II.6.2. **Valor ecosistémico por AGEB rural** **555**

II.6.3. **Vulnerabilidad socioambiental** **565**

II.6.4. **Resultado de la evaluación de la vulnerabilidad socioambiental rural en los municipios costeros** **568**

III. **LA PERCEPCIÓN SOCIAL Y EL CAMBIO CLIMÁTICO** **574**

III.1. **Percepciones y estrategías para disminuir la vulnerabilidad y adaptación al cmabio climático** **574**

III.1.1. **Tecolutla** **574**

III.1.1.1. **La Vigueta** **574**

III.1.1.2. **Ricardo Flores Magon** **575**

III.1.1.3. **La Guadalupe** **575**

III.1.1.4. **La Victoria** **576**

III.1.2. **Gutiérrez Zamora** **576**

III.1.2.1. **El Cepillo** **576**

III.1.2.2. **Macarena Arrazola** **577**

III.1.2.3. **Santa Rosa, Carrillo Puerto** **577**

III.1.3. **San Rafael** **578**

III.1.3.1. **Tres Encinos** **578**

III.1.3.2. **El Pital** **579**

III.1.3.3. **Tres bocas** **580**

III.1.4. **Comparando las informaciones del índice de sensibilidad con los resultados de los cuestionarios** **581**

III.2. **Informe metodológico: talleres de cambio climático en comunidades 619**

III.2.1. **Introducción** **619**

III.2.2. **Contenido de los talleres y reuniones con equipos de gobierno municipales** **622**

III.2.2.1. **Cartas descriptivas talleres comunitarios** **622**

III.2.2.2. **Abordaje de las reuniones de trabajo con equipos de gobierno** . **635**

III.3. **Participación social en los talleres** **636**

III.3.1. **Ruta metodológica** **636**

III.3.1.1. **PASO 1. Reunion de presentacion del proyecto con presidente municipal y equipos de gobierno.** **636**

III.3.2. **PASO 2. Presentación el proyecto a los equipos de gobierno municipales** **638**

III.3.2.1. **PASO 3. Primer taller comunitario con autoridades comunitarias y actores de la sociedad civil** **639**

III.3.2.2. **PASO 4. Segundo taller comunitario: autoridades comunitarias y sociedad civil** **648**

III.3.2.3. **PASO 5. Taller de cierre con equipos de gobierno municipales** .. **655**

III.3.3. **Resultados del proceso** **656**

III.4. **Sintesis del proceso de participación al término de la intervención** . **676**

III.4.1. **Proceso de intervención** **676**

III.4.2. **Balance en cuanto a participación social** **678**

ESTRATEGIAS DE ADAPTACIÓN PARA LOS MUNICIPIOS: TATATILA-LAS MINAS-TECOLUTLA-GUTIÉRREZ ZAMORA Y SAN RAFAEL **680**

I.1. **Programa de adaptaciones al cambio climático aplicable en las tres regiones de trabajo.** **686**

I.2. **Eje 1: Mejorar el rendimiento de las actividades productivas rurales tendiendo a la sustentabilidad y diversificar las actividades económicas locales** **687**

I.3. **Buenas prácticas de manejo y recuperación de servicios ambientales 694**

I.4. **Manejo de cuencas: agua, suelos y reforestación** **694**

I.5. **Reforzar lazos sociales y organizativos** **703**

I.6. **Capacitación y educación ambiental** **706**

I.7. **Mejoras a la infraestructura productiva, de comunicación y médica, así como de vivienda** **707**

I.8. **Utilización de instrumentos contemplados en la legislación ambiental** **709**

I.9. **Introducción de ecotecnologías** **709**

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Venciendo el círculo vicioso de la pobreza, la degradación de ecosistemas y el cambio climático (tomado de Munang et al., 2013a). 13
Figura 2. Marco analítico para las medidas de EbA (adaptado del marco DPSIR). 15
Figura 3 Usos de suelo en los municipios de Las Minas y Tatatila, Veracruz. Fuente: INEGI (2010) 1:250000 25
Figura 4. Fotografías satelitales de las poblaciones de las Vigas de Ramírez a) 2003, b) 2011 y Las Minas c) 2015.Fuente: Google Earth. 26
Figura 5. Ubicación de las presas de los ríos perennes e intermitentes en los municipios de Las Minas y Tatatila, Veracruz. Fuente INEGI 1:50000 27
Figura 6. Ubicación de localidades urbanas y rurales en los municipios de Tatatila y las Minas. Fuente: INEGI 2010 esc. 1:1000,000 28
Figura 7. Ubicación de los municipios de Las Minas y Tatatila, niveles altitudinales y ubicación de las estaciones climatológicas. Fuente: INEGI 1990, esc.1:4000000 29
Figura 8. Climas en la región Las Minas-Tatatila. Fuente: E. García-CONABIO, 1998, esc 1:1000,000 publicado en 2001. 32
Figura 9. Climogramas correspondientes a las estaciones climatológicas Las Minas Los Pescados y Las Vigas de Ramírez 35
Figura 10. FF No, 37 .Pronóstico para las 6 horas del día 27 de febrero de 2015 38
Figura 11. Comportamiento temporal de fenómenos especiales en Las Minas, Veracruz. Periodo 1950-2000. 39
Figura 12. Imagen GOES-Este CH IR3 de las 8:45 GMT del 12/07/2015. Fuente: Servicio Meteorológico Nacional México (http://smn.cna.gob.mx) 41
Figura 13. Vientos promedio para: a) Mes representativo de la primavera y b) Mes representativo del verano. Periodo 1981-2010. 43
Figura 14.Vientos promedio para: a) Mes representativo del invierno y b) Mes representativo del otoño. Periodo 1981-2010. 44
Figura 15. Trayectorias de sistemas ciclónicos tropicales que incursionaron en la región de estudio durante el periodo 1851-2011 45
Figura 16 .Mapas de temperatura mínima para el periodo 1950 – 2000. a) primavera, b) verano, c) otoño y d) invierno 48
Figura 17 .Mapas de temperatura máxima para el periodo 1950 – 2000. a) primavera, b) verano, c) otoño y d) invierno 49
Figura 18. Mapas de precipitación promedio (mm/mes), en el periodo 1950-2000. a) primavera, b) verano, c)otroño y d) invierno. 50
Figura 19. Ciclo anual de temperatura máximaen el escenario observado (1950-2010)bajo los RCP 4.5, RCP 6.0 y RCP 8.5 para el futuro cercano (2015-2039). 69
Figura 20. Ciclo anual de temperatura mínima en el escenario observado (1950-2010)en el bajo los RCP 4.5, RCP 6.0 y RCP 8.5 para el futuro cercano (2015-2039) 70

Figura 21. Ciclo anual de precipitación (mm/mes) en el escenario observado (1950-2010)bajo los RCP 4.5, RCP 6.0 y RCP 8.5 para el futuro cercano (2015-2039). 71
Figura 22. Ciclo anual de temperatura máxima en el escenario observado (1950-2010)bajo los RCP 4.5, RCP 6.0 y RCP 8.5 para el futuro lejano (2075-2099). 72
Figura 23. Ciclo anual de temperatura mínima en el escenario observado (1950-2010) en el bajo los RCP 4.5, RCP 6.0 y RCP 8.5 para el futuro lejano (2075-2099). 73
Figura 24. Ciclo anual de precipitación (mm/mes) en el escenario observado (1950-2010) bajo los RCP 4.5, RCP 6.0 y RCP 8.5 para el futuro lejano (2075-2099). 74
Figura 25. Localización de los municipios de Las Minas y Tatatila en la parte alta de la cuenca del río Bobos. 84
Figura 26. Mapa base de los municipios de Tatatila y Las Minas. 85
Figura 27. Imagen Google Earth con las cabeceras municipales de Tatatila y Las Minas, Ver. 86
Figura 28. Ubicación de los municipios de Las Minas y Tatatila, niveles altitudinales y ubicación de las estaciones climatológicas. Fuente: Universidad Veracruzana. 87
Figura 29. Climas en la región Las Minas-Tatatila. Fuente: E. García-CONABIO, 1998, esc 1:1000,000 publicado en 2001. Fuente: UV. 88
Figura 30. Climogramas correspondientes a las estaciones climatológicas Las Minas Los Pescados y Las Vigas de Ramírez. Fuente: Elaboración UV 91
Figura 31. Trayectorias de sistemas ciclónicos tropicales que incursionaron en la región de estudio durante el periodo 1851-2011. Fuente UV. 96
Figura 32. Rangos de precipitación promedio anual en los municipios de Tatatila y Las Minas.Fuente: Conabio 99
Figura 33. Distribución de la precipitación promedio anual (% del área) en los municipios de Tatatila y las Minas. 100
Figura 34. Mapa de Geología de los municipios de Tatatila y Las Minas. Fuente: INEGI carta geológica escala 1:250,000 108
Figura 35. Proporción de área por tipos de rocas en los municipios de Las Minas y Tatatila. 109
Figura 36. Formaciones montañosas en el camino a Tatatila 114
Figura 37**.** Geoformas predominantes en los municipios de Las Minas y Tatatila. Fuente: Ortiz–Pérez, M.A. y O. Oropesa–Orozco. 2010. Regionalización geomorfológica. En: Atlas regional de impactos derivados de las actividades petroleras en Coatzacoalcos, Veracruz. Primera edición. México. 115
Figura 38. Proporción del área municipal por tipo de geoforma en los municipios de Las Minas y Tatatila. 116
Figura 39. Afloramiento de una cascada en la falla geológica de El Bordo, camino a la cabecera de Las Minas. 118

Figura 40. Mapa de la red hidroFigura en los municipios de Tatatila y Las Minas, Ver. 120
Figura 41. Mapa de tipos de Suelo en los municipios de Las Minas y Tatatila 122
Figura 42. Tipos de suelo (% del área municipal) en Las Minas y Tatatila 123
Figura 43.Plaza central de la cabecera municipal de Las Minas 129
Figura 44. Mapa de pendientes de los municipios de Las Minas y Tatatila 130
Figura 45. Pendientes (% del área) en los municipios de Las Minas y Tatatila ... 131
Figura 46. Vegetación y uso del suelo para ambos municipios 131
Figura 47. a. Superficie (ha) y porcentaje que ocupa el bosque conservado, el bosaue perturbado y la vegetación secundaria y el uso agropecuario en los municipios de Tatatila y Las Minas. 132
Figura 48. Esquema de los factores (externos e internos) que intervienen en la vulnerabilidad ante el cambio climático de acuerdo con la definición del IPCC. Los signos + y – indican que la ausencia o presencia de capacidades adaptativas incrementa o disminuye la vulnerabilidad. 137
Figura 49. Componentes de la Vulnerabilidad: Síntesis del proceso de su construcción. Los signos debajo de las flechas significan que la exposición elevada, la sensibilidad elevada y la baja capacidad de adaptación inducen a la vulnerabilidad elevada. 139
Figura 50. Modelo de peligros de erosión 143
Figura 51. En la ladera se observa un ducto de la CFE para la hidroeléctrica de Las Minas 144
Figura 52. Talud en el camino a Las Minas 144
Figura 53. Plantación de higueras cerca de la cabecera municipal de Tatatila ... 145
Figura 54. Mapa de Peligro de Erosión en los municipios de Las Minas y Tatatila, Ver. Fuente: Elaboración propia Pladeyra-INECOL 146
Figura 55. Proporción del territorion municipal según peligro de erosión 147
Figura 56. Ladera con alto peligro de erosión por la tala de encinares para madera y elaboración de carbón. Municipio de Las Minas. 147
Figura 57. Modelo de peligro por derrumbes 151
Figura 58. Peligro de derrumbes en los municipios de Las Minas y Tatatila, Ver. Fuente: Elaboración propia Pladeyra-INECOL 153
Figura 59. Proporción del territorio municipal por peligro de derrumbes. 154
Figura 60. Desprendimiento de rocas en el camino a la cabecera municipal de Las Minas, Ver. 155
Figura 61. Imagen de un posible derrumbe visto desde el camino a Las Minas . 155
Figura 62. Modelo de Ponderación para Peligros de Deslizamiento 156
Figura 63. Proporcion del territorio municipal por peligro de deslizamiento 157
Figura 64. Mapa de peligro de deslizamiento de laderas 158
Figura 65. Ladera expuesta a deslizamientos 159
Figura 66. Proporción del territorio municipal por peligro de desbordamiento de caucces 161
Figura 67. Mapa de peligro de desbordamiento de cauces e Inundación de los municipios de Tatatila y Las Minas en el contexto de la cuenca del río Bobos-

Nautla. Fuente: Modificado de Gobierno del estado de Veracruz. 2003. Ordenamiento Ecológico de la cuenca del río Bobos. 162
Figura 68. Datos relevantes de precipitación en tres estaciones meteorológicas durante los eventos de octubre 1999. Fuente: elaboración propia con información de Garnica y Alcántara (2004). 163
Figura 69. Mapa de Exposición de la Población en los municipios de Las Minas y Tatatila, Ver. 168
Figura 70. Número de habitantes expuestos a peligros acumulados 172
Figura 71. Proporción del área municipal por tipo de vegetación y usos del suelo en los municipios de Las Minas y Tatatila, Ver. 173
Figura 72. Exposición de los sistemas productivos (cultivos y pastizales ganaderos). 175
Figura 73.Mapa de Exposición de los ecosistemas en los municipios de Las Minas y Tatatila, Ver. 178
Figura 74. Proporción de vegetación natural expuesta a peligros acumulados 179
Figura 75. Comparativo del Mapa de vegetación natural y el mapa de exposición de los ecosistemas en los municipios de Las Minas y Tatatila, Ver. 181
Figura 76. Mapa de exposición las vías de comunicación en los municipios de Las Minas y Tatatila, Ver. 185
Figura 77. Proporción municipal por tipo de vías de comunicación expuestas a peligros 186
Figura 78. Proceso en inundaciones fluviales (Salas-Jiménez, 2007) 188
Figura 79. Hidrograma de entrada y salida en cuencas con diferente respuesta hidrológica (Salas-Jiménez,2007) 189
Figura 80. Subcuencas en el municipio de Las Minas se localiza la estación climatológica 30089 y aguas abajo la estación hidrométrica 27001. 192
Figura 81. Ubicación de los municipios de estudio en las subcuencas …..... 193
Figura 82. Zona de aportación de la EH 27001. 195
Figura 83. Perfil de elevaciones del cauce principal de la subcuenca RH27Ai (Río Bobos). 195
Figura 84. Series hidrológica 196
Figura 85. Alteración hidrológica mensual. 196
Figura 86. Alteración hidrológica anual. 197
Figura 87. Caudales ordinarios estacionales. 198
Figura 88. Caudales máximos anuales. 199
Figura 89. Ajuste de funciones de Probabilidad para la determinación de la magnitud de diferentes periodos de retorno. 200
Figura 90. Pulsos de inundación (Periodo de retorno 1 año). 201
Figura 91. Pulsos de inundación (Periodo de retorno 1.5 años). 202
Figura 92. Pulsos de inundación (Periodo de retorno 5 años). 202
Figura 93. Componentes de la simulación hidrológica HEC-HMS. 205
Figura 94. Hidrograma observado y simulado 206
Figura 95. Secciones transversales para la simulación hidráulica. 207

Figura 96. Resultados de la simulación hidráulica para los períodos de retorno de 1, 5, 50,100 y 500 años, así como el evento de 1984. 207
Figura 97. Curva elevación-gasto. 208
Figura 98. Tirante de inundación para un período de retorno de 5 y 50 años. 208
Figura 99. Zona de inundación a 5 años. 209
Figura 100. Zona de inundación a 100 años. 210
Figura 101. Zona de inundación en el evento 1984 211
Figura 102. Población y localidades por grado de sensibilidad socioeconómica. Municipio de Las Minas, Veracruz 234
Figura 103. Población y localidades por grado de sensibilidad socioeconómica en Tatatila 238
Figura 104. Distribución territorial del índice de sensibilidad socioeconómica por localidad. Municipios de Las Minas y Tatatila, Veracruz 239
Figura 105. 12 tipos de vegetación y uso del suelo en cada rango de pendiente 241
Figura 106. Mapa mostrando la distribución de los tres rangos de pendientes ... 242
Figura 107. Mapa mostrando el índice de verdor, obtenido con el NDVI 246
Figura 108. Mapa mostrando la conectividad vegetal en los municipios de Tatatila y Las Minas. 250
Figura 109. Proceso de elaboración del Mapa de Impacto Potencial 252
Figura 110. Impacto potencial por AGEB rural en los municipios de Las Minas y Tatatila, Ver. 254
Figura 111. Diagrama de flujo para obtener el mapa de integridad ecosistémica. 256
Figura 112. Mapa de valor ecosistémico por AGEB rural. 257
Figura 113. Proceso de elaboración del Mapa de Vulnerabilidad Socioambiental 259
Figura 114. Vista desde la comunidad de La Cumbre, Tatatila. Foto: Adi Lazos. 265
Figura 115. Iglesia y patio principal en la cabecera municipal de Tatatila. Foto: Adi Lazos. 265
Figura 116. Vista iglesia de Las Minas 266
Figura 117. Equipo de trabajo durante las encuestas en Romerillos 267
Figura 118. Dos de los informantes de más edad de Rinconada, Doña Ángela Soto Landa (85 años) y su hermano Don Crisóstomo (90 años). Foto: Adi Lazos. 268
Figura 119. Casas en lo alto de una colina, muy expuesta al viento y a los derrumbes. Foto: Adi Lazos. 270
Figura 120. Participantes en el primer taller comunitario: arriba izq. Isidra Rangel Hernández presidenta municipal; arriba der Ing. Martín Antonio López López, director de Fomento Agropecuario, Abajo izq. C. Maritza Baéz Alarcón. Drectora del Instituto Municipal de la Mujer, participando en el primer taller comunitario. Der. Bernardino Ibarra Cruz, secretario del Ayuntamiento de Las Minas. 328
Figura 121. Jovencito de Las Minas. Primer taller comunitario 329

Figura 122. Izq. Presentación del proyecto ante el presidente municipale de Tatatila; der .Presentación ante el equipo de gobierno de Las Minas 331
Figura 123. Panorámicas de la participación social: izq. Las Minas, der. Tatatila 333
Figura 124. Participación en el primer taller comunitario, municipio Tatatila 334
Figura 125. Participante en el primer taller comunitario del municipio de Las Minas 336
Figura 126. Participantes de Las Minas, Problemas derivados del cambio climático 338
Figura 127. Participacion en la construcción del FODA: izq. Las Minas, der. Tatatila 340
Figura 128. Resultados del ejercicio. Taller comunitario en el municipio de Tatatila, Ver..... 343
Figura 129. Matriz de Priorización de problemas. Municipio de Las Minas, Ver.. 344
Figura 130. Ejemplo de propuestas de Adaptación al CC. Municipio de Las Minas 345
Figura 131. Reunión de cierre del proceso de trabajo en campo. Autoridades del Ayuntamiento de Las Minas, Ver. De izquierda a derecha aparecen: C. Isidra Rangel Hernández, Presidenta Municipal de Las Minas; C. Mariano Baéz Alarcón, Director del DIF municipal; C. Maritza Báez Alarcón, Directora del Instituto Municipal de la Mujer; C. María Gutiérrez Díaz, Bióloga y representante de la Sociedad Civil; C. Bernardino Ibarra Cruz, Secretario del Ayuntamiento e Ing. José Luis Sánchez, Director de Obras Públicas. 346
Figura 132. Panorámica del trabajo participativo. Municipio de Las Minas, Ver.. 347
Figura 133. Geoformas dominantes en el área de estudio 366
Figura 134. Niveles altitudinales presentes en la región Tecoluta y estaciones climatológicas..... 372
Figura 135. Climas en la región Tecolutla. Fuente: E. García-CONABIO, 1998, esc 1:1000,000 publicado en 2001..... 374
Figura 136 Climogramas correspondientes a las estaciones climatológicas: Tecolutla, Martínez de la Torre, El Remolino y El Raudal. Periodo 1951-2000. 376
Figura 137. Vientos promedio para: a) Mes representativo de la primavera y b) Mes representativo del verano. Periodo 1981-2010. 378
Figura 138. Vientos promedio para: a) Mes representativo del invierno y b) Mes representativo del otoño. Periodo 1981-2010..... 379
Figura 139. Canal de baja presión en el suroeste del Golfo de México y onda tropical No.14. 9 de julio de 2015.Imagen tomada de http://elpinerodelacuenca.com.mx/epc/index.php/estado-del-tiempo/97351-2015-07-09-14-39-28 382
Figura 140.Región de estudio y las áreas de probabilidad de impacto ciclónico para las ciudades de Poza Rica, Tuxpan y alrededores..... 383
Figura 141. Trayectoria tormenta tropical Edouard. Septiembre de 1984. Fuentehttp://www.wunderground.com/hurricane/atlantic/1984/Tropical-Storm-Edouard..... 384

Figura 142. Trayectorias de sistemas ciclónicos tropicales que ingresaron a la región de estudio durante el periodo 1851-2011. 385
Figura 143. Precipitación acumulada (mm) del 22 al 24 de agosto de 2007. 386
Figura 144. Trayectoria de la TT Barry y precipitación acumulada (mm) del 20 al 22 de junio2013. Imagen de trayectoria tomada de http://www.wunderground.com/hurricane/atlantic/2013. 389
Figura 145. Trayectoria de la TT Fernand y precipitación acumulada (mm) del 25 al 27 de julio 2013. Imagen de trayectoria tomada de http://www.wunderground.com/hurricane/atlantic/2013. 390
Figura 146. Trayectoria de la TT Ingrid y precipitación acumulada (mm) del 13 al 15 de septiembre 2013. Imagen de trayectoria tomada de http://www.wunderground.com/hurricane/atlantic/2013. 391
Figura 147. FF No, 37. Pronóstico para las 6 horas del día 27 de febrero de 2015. 393
Figura 148. Comportamiento temporal de fenómenos especiales en Tecolutla, Veracruz. Periodo 1950-2000. 394
Figura 149. Temperatura mínima (°C) en la región de estudio por estación del año, durante el periodo 1950-2000. 396
Figura 150. Temperatura máxima (°C) en la región de estudio por estación del año, durante el periodo 1950-2000. 397
Figura 151. Precipitación (mm) en la región de estudio por estación del año, durante el periodo 1950-2000. 398
Figura 152. Ciclo anual de temperatura máxima (°C) en el escenario observado (1950-2010) y bajo los RCP 4.5, RCP 6.0 y RCP 8.5 para el futuro cercano (2015-2039)..... 411
Figura 153. Ciclo anual de temperatura mínima (°C) en el escenario observado (1950-2010) y bajo los RCP 4.5, RCP 6.0 y RCP 8.5 para el futuro cercano (2015-2039)..... 412
Figura 154. Ciclo anual de precipitación (mm/mes) en el escenario observado (1950-2010) y bajo los RCP 4.5, RCP 6.0 y RCP 8.5 para el futuro cercano (2015-2039)..... 413
Figura 155. Ciclo anual de temperatura máxima (°C) en el escenario observado (1950-2010) y bajo los RCP 4.5, RCP 6.0 y RCP 8.5 para el futuro cercano (2015-2039)..... 414
Figura 156. Ciclo anual de temperatura mínima (°C) en el escenario observado (1950-2010) y bajo los RCP 4.5, RCP 6.0 y RCP 8.5 para el futuro cercano (2015-2039)..... 415
Figura 157. Ciclo anual de precipitación (mm/mes) en el escenario observado (1950-2010) y bajo los RCP 4.5, RCP 6.0 y RCP 8.5 para el futuro cercano (2015-2039)..... 416
Figura 158. Área de estudio con los municipios costeros de Veracruz..... 426
Figura 159. Niveles altitudinales presentes en la región Tecolutla y estaciones climatológicas. Tomado de la UV (este estudio)..... 432

Figura 160. Climas en la regíon Tecolutla. Fuente: E. García-CONABIO, 1998, esc 1:1000,000 publicado en 2001. Tomado de la UV (este estudio) 433
Figura 161**.** Climogramas correspondientes a las estaciones climatológicas: Tecolutla, Martínez de la Torre, El Remolino y El Raudal. Periodo 1951-2000. Tomado de la UV (este estudio) 435
Figura 162**.** Región de estudio y las áreas de probabilidad de impacto ciclónico para las ciudades de Poza Rica, Tuxpan y alrededores. 437
Figura 163**.** Trayectorias de sistemas ciclónicos tropicales que ingresaron a la región de estudio durante el periodo 1851-2011. 438
Figura 164. Precipitación acumulada (mm) del 22 al 24 de agosto de 2007. 440
Figura 165. Trayectoria de la TT Barry y precipitción acumulada (mm) del 20 al 22 de junio 2013. Imagen de trayectoria tomada de http://www.wunderground.com/hurricane/atlantic/2013 442
Figura 166. Trayectoria de la TT Fernad y precipitación acumulada (mm) del 25 al 27 de julio 2013. Imagen de trayectoria tomada de http://www.wunderground.com/hurricane/atlantic/2013 443
Figura 167. Proporcion de los tipos de rocas presentes en la zona de estudio. 449
Figura 168**.** Mapa de Geología 451
Figura 169. Unidades geomorfológicas (% de área) 455
Figura 170. Mapa de unidades geomorfológicas 456
Figura 171. Tipos de suelos en los municipios costeros (% de área) 460
Figura 172**.** Tipos de suelos 461
Figura 173. Ubicación de los municipios costeros dentro de las cuencas hidrológicas 464
Figura 174. Mapa de ángulo de inclinación de las pendientes 466
Figura 175. Grado de inclinación de las pendientes (% del área) 467
Figura 176**.** Vegetación y usos del suelo en los municipios de San Rafael, Tecolutla y Gutiérrez Zamora. 469
Figura 177**.** Esquema de modelación para delimitar las zonas con peligro de inundación 480
Figura 178. Mapa de peligro de inundación 482
Figura 179. Superficie en peligro de inundación (%) 484
Figura 180. a y b. Peligros de inundación con diferentes elevaciones del nivel de los ríos 485
Figura 181**.** Figura comparativa de las superficies de inundación con diferentes niveles de elevación de los ríos (4.5 m y 9 m). 486
Figura 182. Esquema de modelación para delimitar la exposición de la población. 488
Figura 183**.** Mapa de Exposición de localidades y población a la inundación**.** 491
Figura 184. Exposición de las vías de comunicaciónn 493
Figura 185. Mapa de Exposición de las vías de comunicación a la inundación 495
Figura 186. Mapa de Exposición de los sistemas productivos a la inundación 498
Figura 187. Población y localidades por grado de sensibilidad socioeconómica. 510

Figura 188. Población y localidades por grado de sensibilidad socioeconómica. Municipio de San Rafael, Veracruz 514
Figura 189. Población y localidades por grado de sensibilidad socioeconómica. Municipio de Tecolutla, Veracruz 519
Figura 190. Mapa de distribución territorial del índice de sensibilidad socioeconómica por localidad. Municipios de Gutiérrez Zamora, San Rafael y Tecolutla 520
Figura 191. Mapa de vegetación y uso del suelo en toda la superficie de los municipios de San Rafael, Tecolutla y Gutiérrez Zamora. 522
Figura 192. Ecosistemas y vegetación antrópica en una franja de 10 kilómetros de ancho sobre la costa, donde se puede apreciar la extensión de los humedales más claramente. 526
Figura 193. Porcentaje de la superficie que ocupan las actividades agropecuarias y los ecosistemas naturales (primera fila) en toda la superficie de cada uno de los municipios. Porcentaje de superficie que ocupan los distintos tipos de ecosistemas y los asentamientos, en todo el municipio (segunda fila) y en la tercera fila esta misma información para el buffer de 10 kilómetros de ancho. 528
Figura 194. Ubicación de los municipios de trabajo en las cuencas del Río Tecolutla y del Río Bobos, que drenan en el Golfo de México. 531
Figura 195. Proporción de vegetación de los distintos tipos de humedales (manglar, selva inundable y humedal herbáceo) y vegetación de dunas costeras en cada una de las AGEBs rurales. 533
Figura 196. Imagen de Google Earth de la reserva de selva inundable de Ciénaga del Fuerte. En color aparecen las áreas degradadas donde la tala o caída de los árboles ha permitido la dominancia de pastos nativos (zona verde) e introducidos como pasto alemán (zona rosa). 537
Figura 197. Condiciones actuales de las zonas deterioradas de Ciénaga del Fuerte, mostrando la partes con pastos y el crecimiento de trepadoras sobre los árboles. a y b) dos zonas con pasto y árboles de apompo (*Pachira aquatica*) en el fondo; c) apompo cubierto de enredaderas y d) zona de pasto y al fondo árbol de apompo cubierto por enredaderas. 538
Figura 198. Contenido de carbono orgánico en el suelo de selvas inundables y de popales/tulares. Los sitios de Ciénaga y Estero Dulce se ubican en el municipio de Tecolutla (tomado de Campos et al., 2011). 539
Figura 199. Contenido de agua en el suelo de las selvas inundables y de los popales/tulares. Ambos tipos de ecosistemas son capaces de almacenar grandes cantidades.Los sitios de Ciénega y Estero Dulce se ubican en el municipio de Tecolutla (tomado de Campos et al., 2011). 541
Figura 200. Mapa que muestra la conectividad entre los fragmentos de vegetación natural por AGEB rural. 547
Figura 201. Mapa de áreas geoestadísticas básicas rurales (AGEB) 549
Figura 202. Proceso de elaboración del Mapa de Impacto Potencial 550
Figura 203. Mapa de impacto potencial por AGEB rural 553

Figura 204. Distribución de fragmentos de vegetación natural por AGEB rural.. 558
Figura 205. Superfici ocupada de vegetación natural por AGEB rural..... 560
Figura 206. Proporción de vegetación de humedales y vegetación de dunas costeras por AGEB rural 562
Figura 207. Valor ecosistémico por AGEB rural, dado por la conjunción de la conectividad, la superficie ocupada por la vegetación natural y la importancia de los servicios ambientales de protección que proveen..... 564
Figura 208. Proceso de elaboración del Mapa de Vulnerabilidad Socioambiental 566
Figura 209. Vulnerabilidad por AGEb rural 569
Figura 210. Fotos de la comunidad El Cepillo..... 578
Figura 211. Imágenes del paisaje en la comunidad Tres Encinos, San Rafael ... 579
Figura 212. Camino afectado por las lluvias en tres bocas y paisaje de la orilla del río. 581
Figura 213. a) Panorámica del Río Bobos, San Rafaek, Ver. y b) Panorámica del río Tecolutla, Tecolutla, Ver. 621
Figura 214. Presentación del Proyecto a equipo de Gobierno del Ayuntamiento de San Rafael, Ver. 635
Figura 215. Reuníon de presentación del proyecto con los ayuntamientos a la izquierda en Tecolutla y derecha en San Rafael, Veracruz 637
Figura 216. Reunión de presentación del proyecto con equipo de gobierno del ayuntamiento, izquierda en Tecolutla y derecha en San Rafael. 639
Figura 217. Participantes en el primer taller comunitario del municipio, izquierda en San Rafael y derecha en Tecolutla, Veracruz..... 642
Figura 218. Panorámica de la participación ciudadana en el primer taller comunitario de Tecolutla, Ver. 647
Figura 219. Panorñámica de la participación ciudadana en el primer taller comunitario de San Rafael, Ver. 648
Figura 220. Panorámica de la participación socoail. Taller comunitario en Tecolutla, Ver. 654
Figura 221. Reunión de cierre del proceso de trabajo en campo. Autoridades del Ayuntamiento de San Rafael, Ver. 656
Figura 222. Esquema mostrando los siete ejes de trabajo propuestos como estrategias de adaptación al cambio climático en las regiones de Los Tuxtlas, Tatatila-Las Minas y San Rafael-Tecolutla-Gutiérrez Zamora. 687
Figura 223. Esquema que enlista los principales programas y actividades que se sugiere instrumentar en cada eje temático de trabajo como medida de adaptación al cambio climático en la región de Los Tuxtlas. 694
Figura 224. Esquema que muestra el enlace de las distintas actividades que forman parte de la estrategia de adaptación al cambio climático 711

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Beneficios que resultan de la aplicación de una estrategia de Adaptación basada en Ecosistemas (EbA) como parte de una estrategia global de adaptación al cambio climático (adaptado de TNC (2009), por Munang et al. (2013a)). 12
Cuadro 2. Ejemplos de servicios ecosistémicos y su influencia en los componentes de la vulnerabilidad. 14
Cuadro 3. Estaciones climatológicas utilizadas para generación del escenario base observado. 30
Cuadro 4. Tipos y subtipo de los climas que se encuentran en la región comprendida entre los 19° 30’ y 20° 30’ de latitud norte y los 96° 15’ y 97° 15’ de longitud oeste. 32
Cuadro 5. Los climas por estación climatológica de acuerdo al Sistema de Köppen modificado por García (1988). 33
Cuadro 6. Ejemplo de casos de temperaturas mínimas. Estación Las Minas 53
Cuadro 7. Ejemplo de casos de temperaturas máximas. Estación Las Minas 54
Cuadro 8. Eventos de precipitación (mm/24 hrs). Estación Las Minas 56
Cuadro 9. Sistemas ciclónicos tropicales ocurridos dentro de algunos de las fechas identificadas dentro del percentil 9-10 de registros de precipitación. 58
Cuadro 10. Tendencias por década de las temperaturas mínimas. 64
Cuadro 11. Tendencias por década de las temperaturas máximas 65
Cuadro 12. Tendencias por década de la precipitación. 66
Cuadro 13. Modelos de circulación general acoplados utilizados del CMIP5, institución que lo genera, la resolución y las realizaciones de cada escenario consideradas. 68
Cuadro 14. Estaciones climatológicas utilizadas para la generación del escenario base observado. 87
Cuadro 15. Tipos y subtipo de los climas que se encuentran en la región comprendida entre los 19° 30’ y 20° 30’ de latitud norte y los 96° 15’ y 97° 15’ de longitud oeste. 88
Cuadro 16. Los climas por estación climatológica de acuerdo al Sistema de Köppen modificado por García (1988). Fuente UV. 90
Cuadro 17. Sistemas ciclónicos tropicales ocurridos dentro de algunos de las fechas identificadas dentro del percentil 9-10 de registros de precipitación. 103
Cuadro 18. Superficie que ocupan los tipos de rocas en los municipios de Las Minas y Tatatila 109
Cuadro 19. Superficie que ocupan las geoformas en los municipios de Las Minas y Tatatila 116
Cuadro 20. Superficie por tipo de suelo presente en los municipios de Las Minas y Tatatila 123
Cuadro 21. Clasificación de Spiridonov para la inclinación de las laderas. 128
Cuadro 22. Superficie (ha) de vegetación y uso del suelo en ambos municipios 132
Cuadro 23. Categorías de algunos factores considerados en la vulnerabilidad (modificado de Füssel 2007, citado por Locatelli et al., 2009) 140

Cuadro 24. Superficie municipal por peligro de erosión. 147
Cuadro 25. Superficies por peligro de derrumbe en Las Minas y Tatatitla. 154
Cuadro 26. Superfices por peligro de deslizamiento en Las Minas y Tatatila..... 157
Cuadro 27. Superficies por peligro de desbordamiento de cauces..... 161
Cuadro 28. Tipos de afectaciones por municipio en la cuenca del río Bobos..... 165
Cuadro 29. Habitantes y comunidades afectadas durante las inundaciones de Octubre/99 en los municipios de la Cuenca del río Bobos, Veracruz. 165
Cuadro 30. Número de habitantes y de localidades expuestos según tipo de peligro 169
Cuadro 31. Localidades y habitantes a expuestos a peligros acumulados..... 171
Cuadro 32. Exposición de los habitantes y las localidades ante peligros acumulados 171
Cuadro 33. Sistemas productivos expuestos a peligros acumulados 173
Cuadro 34. Superficie de vegetación natural expuesta a peligros 179
Cuadro 35. Superficie municipal expuesta por tipo de vegetación 182
Cuadro 36. Carreteras expuestas a peligros acumulados 184
Cuadro 37. Cuadro donde se muestran las subcuencas con su clave, el nombre y la zona donde descargan. 193
Cuadro 38. Parámetros morfométricos de las subcuencas 194
Cuadro 39. Indicadores del cauce principal. 195
Cuadro 40. Análisis del régimen hidrológico natural y actual. 197
Cuadro 41. Valores de Qmi, EMA y Qbase 198
Cuadro 42. Obtención de la Magnitud considerando funciones estadísticas, para diferentes periodos de retorno 199
Cuadro 43. Duración en días de eventos para diferentes categorías. 200
Cuadro 44. Momento de ocurrencia para diferentes categorías 202
Cuadro 45. Resumen de atributos hidrológicos para el régimen de avenidas..... 203
Cuadro 46. Datos de alimentación del modelo para la subcuenca Bobos. 205
Cuadro 47. Resultados de la simulación hidráulica para los períodos de retorno de 1, 5, 50,100 y 500 años. 208
Cuadro 48. Variables seleccionadas para la estimación del índice de sensibilidad socioeconómica. 225
Cuadro 49. Información general del municipio de Las Minas Veracruz. 2010 229
Cuadro 50. Rangos para clasificar las variables por condición de sensibilidad... 231
Cuadro 51. Rangos para clasificar por grado de sensibilidad socioeconómica a las localidades del 233
Cuadro 52. Información general del municipio de Tatatila, Veracruz. 2010..... 234
Cuadro 53. Rangos para clasificar las variables por condición de sensibilidad... 235
Cuadro 54. Rangos para clasificar por grados de sensibilidad socioeconómica a las localidades de los municipios. 237
Cuadro 55. Superficie que ocupa cada tipo de vegetación en los disintos rangos de pendientes..... 243
Cuadro 56. Numero de cuestionarios realizados en cada municipio. 270
Cuadro 57**. Resumen de Participación Social** 330

Cuadro 58. Municipio de Las Minas. FODA 340
Cuadro 59. Problemas identificados y priorización. 343
Cuadro 60. Estaciones climatológicas utilizadas para generación del escenario base observado. 373
Cuadro 61. Tipos y subtipo de los climas que se encuentran en la región al sistema de Köppen modificado por García (1988). 374
Cuadro 62. Climas por estación climatológica de acuerdo al sistema de Köppen modificado por García (1988). 375
Cuadro 63. Valores de percentiles 9-10 y datos diarios por estación climatológica, relacionados con evento de octubre de 1999 402
Cuadro 64. Tendencias por década de temperaturas máximas. 405
Cuadro 65. Tendencias por década de temperaturas miníma 406
Cuadro 66. Tendencias por década de precipitación. 406
Cuadro 67. Modelos de circulación general acoplados utilizados del CMIP5, institución que lo genera, la resolución y las realizaciones de cada escenario consideradas. 408
Cuadro 68. Estaciones climatológicas utilizadas para generación del escenario base observado. 432
Cuadro 69**.** Tipos y subtipo de los climas que se encuentran en la región al sistema de Köppen modificado por García (1988). 433
Cuadro 70**.** Climas por estación climatológica de acuerdo al sistema de Köppen modificado por García (1988). 434
Cuadro 71. Vslores de percentiles 9-10 y datos diarios por estación climatológica, relacionados con evento de octubre de 1999. 447
Cuadro 72. Tipo de roca y material de origen para la zona de estudio 450
Cuadro 73.Superficie (hectáreas) que cubre cada tipo de vegetación y usu del suelo en los municipios de San Rafael, Tecolutla y Gutiérrez Zamora 470
Cuadro 74. Valores de densidad absoluta, área basal y valor de importancia de las principales especies arbóreas de Ciénaga del Fuerte (tomado de Infante et al., 2011). 476
Cuadro 75. Superficie municipal por nivel de inundación 483
Cuadro 76. Habitantes y localidades expuestos según categoría de inundación y municipio. 489
Cuadro 77. Resultados desagregados para cada uno de los municipios. 493
Cuadro 78. Superficie (ha) y porcentaje de territorio con exposición de los sistemas productivos 496
Cuadro 79. Variables seleccionadas para la estimación del índice de sensibilidad socioeconómica. 503
Cuadro 80. Información general del municipio de Gutiérrez Zamora Veracruz. 2010 506
Cuadro 81. Rangos para clasificar las variables por condición de sensibilidad. 507
Cuadro 82. Rangos para clasificar por grado de sensibilidad socioeconómica a las localidades del municipio de Gutiérrez Zamora, Veracruz. 509
Cuadro 83. Información general del municipio de San Rafael, Veracruz. 2010 510

Cuadro 84. Variables: rangos clasificatorios obtenidos por el procedimiento de Natural breaks de Arc view 511
Cuadro 85. Rangos para clasificar por grado de sensibilidad socioeconómica a las localidades del municipio de San Rafael, Veracruz. 513
Cuadro 86. Información general del municipio de Tecolutla Veracruz. 2010 515
Cuadro 87. Rangos para clasificar las variables por condición de sensibilidad. Municipio de Tecolutla 516
Cuadro 88. Rangos para clasificar por grado de sensibilidad socioeconómica a las localidades del municipio de Tecolutla, Veracruz. 518
Cuadro 89. Datos de superficie (ha) y porcentaje que ocupa cada tipo de vegetación y uso del suelo en una franja de 10 kilómetros de ancho en la zona costera de los municipios de San Rafael, Tecolutla y Gutiérrez Zamora. 527
Cuadro 90. Resumen de Participación Social 636
Cuadro 91. Problemas identificados y priorización .Eje: Desarrollo de las Actividades Económicas. Municipio: Tecolutla 653
Cuadro 92. Resumen estádistico de participación. Regiones Los Tuxtlas, Centro y Golfo. 678
Cuadro 93. Estádsitica de participación social. 678
Cuadro 94. Ecosistemas, los servicios ecosistémicos que proporcionan y las medidas de adaptación basadas en los ecosistemas de las regiones de trabajo que se pueden aplicar y los resultados que se pueden lograr y que ayudan a mejorar la calidad de vida de los pobladores. 680
Cuadro 95. Principales medidas de adaptación establecidas a través de los talleres realizados en algunas localidades de los siete municipios de trabajo. 683
Cuadro 96. Matriz donde se analiza el grado de interacción entre las distintas acciones que se platean como parte de la estrategias de manejo adaptativo. 709
Cuadro 97. Se muestran las acciones jerarquizadas para Los Tuxtlas, donde el mayor valor representa la acción que más relación guarda con el resto y por lo tanto la mayor influencia. 710

INTRODUCCIÓN GENERAL

La adaptación como modelo de desarrollo

El cambio climático es una realidad que está afectando negativamente a grandes regiones del planeta y a muchos sectores de la sociedad. La evidencia sobre los cambios en el sistema climático se ha acumulado así como las implicaciones que éstos tiene sobre la sociedad en su conjunto. En el Quinto Informe del IPCC se despliegan los datos más relevantes y actuales sobre el cambio que se está produciendo en las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera y las repercusiones que tienen en el clima. El calentamiento en el sistema climático es inequívoco y, desde la década de 1950, muchos de los cambios observados no han tenido precedentes en los últimos decenios a milenios. La atmósfera y el océano se han calentado, los volúmenes de hielo y nieve han disminuido, el nivel del mar se ha elevado y las concentraciones de gas invernadero se han elevado (IPCC, 2013).

Las concentraciones atmosféricas de los gases de efecto invernadero dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O) han aumentado desde 1750 debido a la actividad humana (IPCC, 2013). Gracias a las emisiones derivadas de los combustibles fósiles y a las emisiones por cambio de uso de suelo las emisiones de dióxido de carbono han aumentado en un 40% desde la era preindustrial (IPCC, 2013).

La atmósfera es uno de los sistemas en que más evidencias se tiene sobre el cambio climático y la elevación de las temperaturas globales. El periodo entre 1983 y 2012 ha sido el que presenta una mayor temperatura en los últimos 1400 años para el hemisferio norte (IPCC, 2013). “Los datos de temperatura de la superficie terrestre y oceánica, combinados y promediados globalmente,

calculados a partir de una tendencia lineal, muestran un calentamiento de 0,85 [0,65 a 1,] ºC, durante el periodo 1880-2012" (IPCC, 2013). Estos cambios han llevado a un incremento el las precipitaciones intensas y en las olas de calor. (IPCC, 2013).

Los océanos concentran la mayor parte de la energía almacenada del sistema climático capturado un 90% en el periodo de 1971-2010 (IPCC, 2013). A escala mundial, el calentamiento del océano es mayor cerca de la superficie. Los 75 m superiores se han calentado en 0,11 [0,09 a 0,13] ºC por decenio, durante el periodo comprendido entre 1971 y 2010 (IPCC, 2013). Las partes en donde hay una alta evaporación han producido un incremento en la salinidad, por el contrario en las zonas con una mayor precipitación la salinidad ha disminuido desde la década de 1950 (IPCC, 2013).

Desde mediados del siglo XIX, el ritmo de elevación del nivel del mar ha sido superior a la media de los dos milenios anteriores (*nivel de confianza alto*). Durante el periodo 1901-2010, el nivel medio global del mar se elevó 0,19 [0,17 a 0,21]m (IPCC, 2013). En el periodo de 1971 y 2010 el nivel medio global del mar se elevó 2,0 [1,7 a 2,3]m; y entre 1993 y 2010 se elevó 3,2 [2,8 a 3,6] (IPCC, 2013).

Ante estos cambios en el sistema climático y sus consecuencias la sociedad se ve afectada de manera negativa; el aumento del nivel del mar, las precipitaciones intensas, las olas de calor, las sequías y demás fenómenos afectan los medios de vida, infraestructura, ecosistemas y vidas humanas. Para poder analizar los efectos negativos que el cambio climático tiene se habla de vulnerabilidad al cambio climático, entendido como: "Nivel a que un sistema es susceptible, o no es capaz de soportar los efectos adversos del Cambio Climático, incluida la variabilidad climática y los fenómenos extremos. La vulnerabilidad está

en función del carácter, magnitud y velocidad de la variación climática a la que se encuentra expuesto un sistema, su sensibilidad, y su capacidad de adaptación" (SEMARNAT, 2012a).

Las tendencias de exposición y vulnerabilidad están dadas por los patrones de población, urbanización, y los cambio en las condiciones socioeconómicas; por lo tanto varían en el tiempo y el espacio dependiendo de factores económicos, sociales, geográficos, demográficos, culturales, institucionales, de gobernanza y ambientales (IPCC, 2012).

Los países en vías de desarrollo son los que van a resentir más el cambio climático gracias a "la falta relativa de recursos financieros; menor acceso a las tecnologías; menor investigación científica y capacidad de desarrollo; menor organización de instituciones sociales y gubernamentales efectivas; y menor desarrollo de recursos humanos capacitados. Además, no solo la cantidad real de bienestar nacional es un factor, sino también es importante su distribución. Los país en los que la mayor proporción de su población se encuentra en la pobreza tienen menos capacidad de adaptación (Gómez, 2000).

La vulnerabilidad ante el clima está dada por una variedad de factores sociales como son: el grado de desigualdad social, acceso a recursos, niveles de pobreza, falta de representación, eficiencia en el sistema de seguridad social, alertas tempranas y planeación. Las personas más vulnerables son los mayores de edad, mujeres, niños, enfermos, discapacitados, minorías étnicos, grupos indígenas, aquellos que dependen de los recursos naturales para tareas productivas y subsistencia, los migrantes y pobres (WB, 2010). Las personas que son socialmente, económicamente, culturalmente, políticamente, institucionalmente o marginadas de alguna otra forma son especialmente

vulnerables al cambio climático y a algunas respuestas de adaptación y mitigación (IPCC, 2014).

Para analizar la vulnerabilidad podemos usar el concepto de marginación que indica que 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, 2013). Los sectores marginados son aquellos que no tienen acceso a servicios fundamentales, así como a bienes y a la carencia de oportunidades sociales necesarios para el bienestar. Es importante resaltar que la marginación es un producto del modelo productivo el cual diferencia las oportunidades que se le brindan a los individuos.

Es por eso que la mayor parte de la literatura hace inca píe en la importancia de buenas prácticas de desarrollo para lograr la adaptación al cambio climático. Por medio de la adaptación se pueden analizar las vulnerabilidades y con ello llegar a las políticas necesarias para permitir a los grupos marginados llegar a un grado de desarrollo en el cual ya no sean vulnerables. “Invertir en capital humano, desarrollar instituciones competentes y flexibles, concentrarse en resiliencia climática y capacidad de adaptación, y abordar las causas centrales de la pobreza. La eliminación de la pobreza es central tanto para el desarrollo como para la adaptación, ya que la pobreza exacerba la vulnerabilidad a la variabilidad climática como al cambio climático” (WB, 2010b).

“El cambio climático siempre se va a esconder debajo de la variabilidad climática. Los sistemas que pueden hacer frente eficientemente a riesgos climáticos existentes van a ser más exitosos en adaptarse al cambio climático futuro que los que no pueden” (WB, 2010b). Es por esto que se subraya la

importancia de enfocarse en acciones de bajo arrepentimiento o *low-regret action:* "Son típicamente políticas o inversiones que pueden ser identificadas como prioritarias para el desarrollo incluso sin cambio climático" (WB, 2010b).

El Banco Mundial destaca la importancia de diversificar los medios de vida de las comunidades y sociedades, ya que los escenarios futuros pueden producir cambios muy profundos dentro de las formas de subsistencia; en la sociedad es necesario que las estructuras sociales, económicas y gubernamentales estén preparadas para estos cambios (WB, 2010a). Por lo tanto es importante implementar medidas que refuercen las estructuras sociales y económicas de las comunidades, como son el fortalecimiento de las economías locales, de los lazos comunitarios, los trabajos colectivos; y de las acciones y toma de decisiones colectivas.

Es por eso que en el Convenio sobre la Diversidad Biológica como en la Estartegia Nacional sobre Biodiversidad de México se subraya la importancia de la participación pública en el manejo de los recursos. Las comunidades que dependen o tienen un mayor contacto con sus ecosistemas deben tener la decisión del mejor uso para estos. Ya que es a estas comunidades a las que afecta directamente la disponibilidad de los servicios ecosistémicos ellos son los más interresados en mantener y aprovecharlos. Lo mismo se puede decir de la adaptación, al ser las comunidad las más afectadas son estas las que deben tomar las decisiones sobre las medidas que desean implementar para aumentar su resiliencia y para poder aprovechar en la medida de lo posible los efectos del cambio climático.

Uno de los principales problemas para llevar acabo las medidas de adaptación es la metodología, ya que los escenarios a los que nos enfrentamos abarcan ciudades, zonas rurales, distintas localizaciones geográficas, distintos

climas, distintas situaciones socioeconómicas, distintos ecosistemas y demás variantes; es muy difícil poder establecer un modelo único de evaluación e implementación de la adaptación. Pero existen ciertos lineamientos que ayudan a guiar este proceso. El PNUD establece tres reglas de oro para una correcta adaptación (PNUD, 2001):

I. La adaptación debe ser económicamente eficiente, es importante que las medidas de adaptación que se apliquen den como resultado aparte de una mayor resiliencia contra el clima, que regresen ventajas sociales o económicas. Por lo general aquellos proyectos que presenten un mayor beneficio social o económico serán prioritarios para su aplicación.

II. La adaptación debe de ayudar a avanzar hacia las metas sociales, es necesario que los procesos de adaptación respeten y promuevan un beneficio social, esto es no dejar a grupos marginados relegados ni aumentar la desigualdad social. Ya que producir desigualdad o pobreza llevará a que exista una mayor vulnerabilidad en sectores de la población.

III. La adaptación debe ser sustentable ambientalmente, por medio del impacto medio ambiental se pueden evaluar las medidas de adaptación para que estas no afecten en el largo plazo al medio ambiente.

Hay dos pasos para la implementación de las medidas de adaptación: construcción de capacidad adaptativa, que es la creación de información y condiciones para la adaptación; esto es reconocer los impactos del cambio climático como las opciones de adaptación y el almacenamiento de recursos necesarios para la implementación de la adaptación. El segundo nivel son las acciones de adaptación en concreto para reducir la vulnerabilidad y beneficiarse de las oportunidades (Stern, 2007).

SEMARNAT propone dos formas de implementar las estrategias de adaptación, por una parte nos podemos basar en las predicciones de los efectos que conlleva el cambio climático sobre los sistemas naturales o socio-económicos. Esto se logra por medio de modelos climáticos predictivos que tengan la capacidad de analizar consecuencias regionales. Por el otro lado podemos implementar mecanismos como el ordenamiento territorial, la gestión racional de los recursos hídricos, la prevención de desastres y la atención de emergencias, la conservación de ecosistemas y su biodiversidad, entre otros, los cuales reducen la vulnerabilidad y son practicas necesarias aun sin considerar el cambio climático. Es importante subrayar que estos dos enfoques son complementarios. (SEMARNAT, 2012b).

Se pueden distinguir tres niveles en los que se puede implementar las medidas de adaptación: 1) adaptaciones tácticas o de nivel I, son aquellas que se llevan acabo por un individuo, comunidades pequeñas o el sector privado. Estas no cuentan con la ayuda de políticas gubernamentales aunque estas tienen una gran capacidad de afectar los resultados. 2) el nivel estratégico es aquel donde el gobierno crea políticas sectoriales que pueden estar englobadas dentro de una estrategia de adaptación global; y, 3) nivel metabólico, las respuestas son a nivel de sociedad, incluyendo los niveles I y II ya sea local o global. Dentro de este último nivel se pueden realizar prácticas como son: cambios en los estilos de vida, los valores y la tecnología, mediante medidas como la simplicidad voluntaria, el comportamiento amistoso con el medio ambiente, la reducción de las huellas ecológicas individuales, tecnologías amigables con el medio ambiente y la desmaterialización de la economía (Gómez, 2000).

La adaptación basada en los ecosistemas (ABE)

La gente en todo el mundo dependen del funcionamiento de los ecosistemas y los servicios ecosistémicos que éstos prestan, entre ellos la fertilidad del suelo, la contenciónde inundaciones, el agua potable, los alimentos y materiales para la construcción entre muchos otros (Costanza et al., 1997; Göhler et al., 2013; Balvanera 2014). Todos los habitantes del planeta requerimos de estos servicios ambientales, pero aún más las personas de bajos recursos, cuyos medios de vida están estrechamente vinculadas con los recursos naturales. El cambio climático es una de las principales causas de los cambios y el deterioro en los servicios de los ecosistemas y su impacto muy probablemente aumentará en el futuro (Evaluación de Ecosistemas del Milenio, 2005).

Más recientemente se ha vinculado la biodiversidad y los servicios ecosistémicos con el cambio climático. El funcionamiento de los ecosistemas ayuda a las personas para mitigar y lo más importante para adaptarse al cambio climático. Esta idea se ha convertido en la llamada "Adaptación basada en los ecosistemas" (AbE –Ecosystem Based adaptation EbA). Es un término que ha empezado a usarse recientemente, y es bastante nuevo. Surgió entre las Organizaciones no Gubernamentales y los ámbitos de organizaciones intergubernamentales como un conjunto de soluciones naturales al cambio climático. Guarda relación con el hecho de que los seres humanos siempre se han beneficiado de la naturaleza y utilizado servicios de los ecosistemas para adaptarse a las condiciones cambiantes. Sin embargo esta idea difiere del concepto de AbE. Se basa en la idea de los ecosistemas y su relación con la gestión, ya que la meta principar es el beneficio de las personas, no de las plantas, animales y ecosistemas (como en los enfoques tradicionales de conservación). Éstos se beneficiarán, al igual que el ser humano, a tener ecosistemas sanos y funcionales.

Los enfoques de adaptación tienen que considerar las interdependencias entre las dimensiones climáticas, ecológicas, sociales y económicas. El enfoque de la AbE se basa en las cadenas de causa y efecto y permite la integración de los beneficios de la adaptación desde la fase de la planificación. Por lo tanto, toma de la capacidad de adaptación de los ecosistema y de los servicios de los ecosistemas y fortalece la capacidad de resiliencia frente al cambio climático. Es importante diferenciar entre la utilización de los servicios ecosistémicos para un propósito de adaptación (AbE) y servicios para un propósito adaptación (EBA) y la adaptación de los ecosistemas y el manejo de los mismos frente al cambio climático para mantener y conservar sus servicios (adaptación de los ecosistemas). Puede ser necesario recurrir a ésto último para mantener los servicios ecosistémicos bajo la presión de un clima cambiante (Göhler et al., 2013).

A nivel histórico adquirió relevancia durante la Evaluación de Ecosistemas del Milenio (2005). Se ha convertido en un vínculo importante entre las tres Convenciones de Río: Convensión Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), la Convención de Diversidad Biológica (CDB) y la Convención de las Naciones Unidas de Lucha Contra la Desertificacion (CNULD). Otro hito importante es el acuerdo sobre las Metas de Aichi para la Diversidad Biológica en 2010, que incluyen el compromiso de reducir al mínimo "las múltiples presiones antropogénicas sobre los ecosistemas vulnerables " (objetivo 10) y mejorar la "resiliencia de los ecosistemas y la contribución de la biodiversidad para la mitigación del cambio climático y la adaptación" (meta 15) (Göhler et al., 2013).

La Convención de Diversidad Biológica plantea que la diversidad biológica puede apoyar los esfuerzos para reducir los efectos negativos del cambio climático. Los hábitats conservados o restaurados pueden extraer dióxido de carbono de la atmósfera y, así, ayudar a hacer frente al cambio climático almacenando carbono (por ejemplo al reducir las emisiones que se originan en la

deforestación y en la degradación de los bosques). Es más, conservar ecosistemas intactos, como por ejemplo los manglares, puede ayudar a reducir impactos del cambio climático que causan desastres, como las inundaciones y las mareas de tempestad.

La conservación de los ecosistemas naturales terrestres, de agua dulce y marinos y la restauración de los ecosistemas degradados (que incluyen su diversidad genética y de las especies) es esencial para los objetivos generales, tanto del Convenio sobre la Diversidad Biológica como de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, dado que los ecosistemas cumplen con una función clave en el ciclo de carbono a nivel mundial y en la adaptación al cambio climático y, al mismo tiempo, proveen una amplia gama de servicios de los ecosistemas, esenciales para el bienestar de los seres humanos y el logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio.

Existe gran cantidad de evidencia de que el cambio climático afecta la diversidad biológica (Barker et al. 2010; Díaz *et al.* 2011; Kari 2012; Chen 2014; Pinto *et al*, 2014; Sandifer *et al*. 2015). Según la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (2005), probablemente el cambio climático sea uno de los principales impulsores de la pérdida de la diversidad biológica a fines del siglo. Este ya está forzando a la diversidad biológica a adaptarse, ya sea mediante cambios en el hábitat, cambios en los ciclos vitales o el desarrollo de nuevas características físicas. La velocidad y magnitud actual de la extinción de especies excede en mucho las extinciones anteriores que se han producido en el planeta. Las actividades humanas ya ocasionaron la pérdida de la diversidad biológica y esto puede haber afectado bienes y servicios esenciales para el bienestar de los seres humanos. La velocidad y magnitud del cambio climático inducido por las mayores emisiones de gases de efecto invernadero han afectado, y seguirán haciéndolo, la

diversidad biológica, ya sea de manera directa, ya sea en combinación con otros impulsores del cambio (http://www.cbd.int/climate/intro.shtml).

La adaptación basada en los ecosistemas es el uso de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos como parte de una estrategia general de adaptación para ayudar a las personas a adaptarse a los efectos adversos del cambio climático. Integra la utilización de la diversidad biológica y de los servicios de los ecosistemas en una estrategia de adaptación general, puede ser eficaz en relación con los costos y generar beneficios adicionales sociales, económicos y culturales, así como contribuir a la conservación de la diversidad biológica (Convención Diversidad Biológica, 2009).

La misma Convención establece que puede preverse que las estrategias de conservación y gestión que mantienen y restauran la diversidad biológica reduzcan algunos de los impactos negativos del cambio climático. Sin embargo, la velocidad y la magnitud del cambio climático son tales, que la adaptación natural será cada vez más difícil. Las opciones para aumentar la capacidad adaptativa de las especies y los ecosistemas frente a la aceleración del cambio climático comprenden:

- la reducción de las agresiones no climáticas, como la contaminación, la sobrexplotación, la pérdida y fragmentación de los hábitats y la invasión de especies exóticas;
- la adopción más amplia de prácticas de conservación y utilización sostenibles, entre ellas el fortalecimiento de las redes de áreas protegidas;
- la facilitación de la gestión adaptable mediante el fortalecimiento de los sistemas de vigilancia y evaluación.

Ventajas de la Adaptación basada en Ecosistemas

Esta estrategia tien varias ventajas sobre las estrategias consideradas como “duras” basadas únicamente en ecotecnologías, ingeniería, etc. ya que pocas intervenciones duras proporcionan beneficios más allá de la función específica de adaptación para la que fueron diseñadas. La AbE tiende a proporcionar múltiples beneficios, además de adaptación al cambio climático, como es la conservación de la biodiversidad, la diversificación productiva, la mejora en la salud, incrmentar el potencial de recreación y de oportunidades económicas de turismo, etc.

Los enfoques de AbE han demostrado que proporcionan alternativas flexibles, rentables y aplicables para reducir los impactos del cambio climático. Por tanto son una herramienta fundamental para los planificadores para hacer frente a las amenazas que el cambio climático plantea en la vida de las personas y en los medios de vida de todos los habitantes (Munang et al., 2013a). Estos autores plantean que los ecosistemas sanos y funcionando adecuadamente son más resistentes a los factores de estrés que conlleva el cambio climático y por lo tanto son más capaces de apoyar la propia adaptación a estos impactos. Las principales ventajas que AbE tiene sobre otros enfoques de adaptación es que puede ofrecer múltiples beneficios colaterales (Cuadro 1), ya que además de lograr una adaptación al cambio climático, logra un desarrollo socioeconómico , la protección del ambiente y la conservación de la biodiversidad, asi como contribuir al desarrollo económico sostenible.

Cuadro 1. Beneficios que resultan de la aplicación de una estrategia de Adaptación basada en Ecosistemas (EbA) como parte de una estrategia global de adaptación al cambio climático (adaptado de TNC (2009), por Munang et al. (2013a)).

Adaptación basada en Ecosistemas	Beneficios
Restaurar áreas naturales degradadas o fragmentos	Favorece los servicios ecosistémicos críticos tales como el flujo de agua, la provisión de alimentos y de pesca
Proteger las zonas de recarga del manto freático o restaurar las planicies de inundación	Asegura los recursos acuáticos de manera que comunidades completas pueden defenderse de la sequía y de las inundaciones

Conectar trechos o parches de bosques, pastizales, arrecifes u otros hábitats	Permite que las personas y la biodiversidad se mueva o migre a ambientes y hábitats conforme el clima cambia
Proteger o restaurar infraestructura natural tal como las playas y barras arenosas, los manglares, los arrecifes de coral y los bosques	Brinda amortiguamiento a los pobladores de los peligros naturales, la erosión y las inundaciones

En este sentido la AbE logra importantes cambios sociales y económicos en las comunidades. Munang et al. (2013a) lo ejemplifican con el siguiente esquema (Fig. 1)

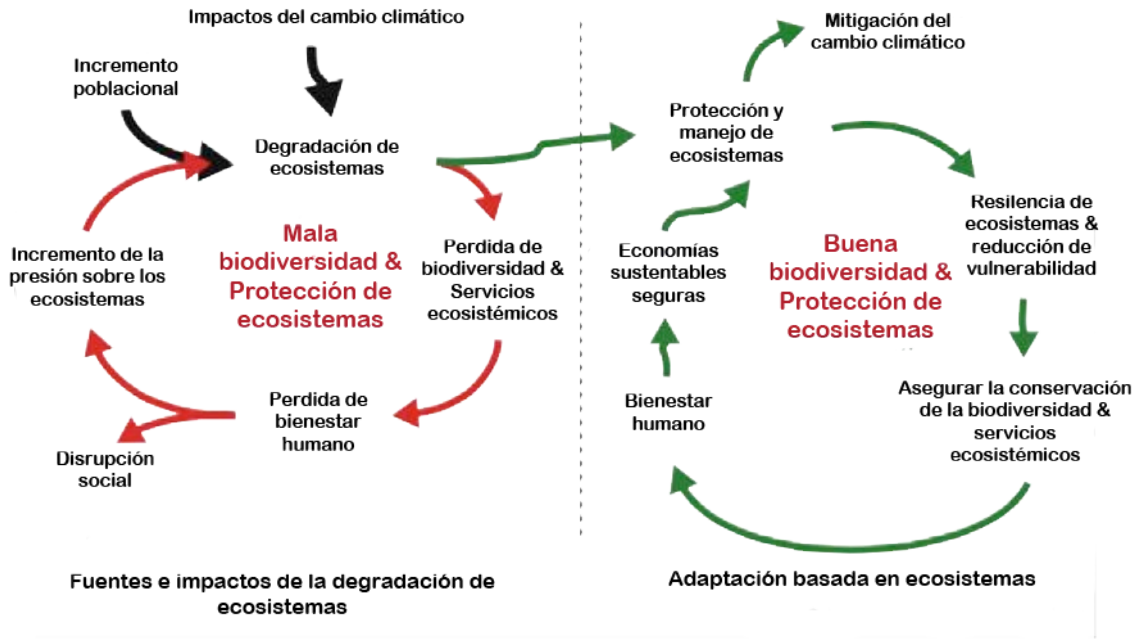


Figura 1. Venciendo el círculo vicioso de la pobreza, la degradación de ecosistemas y el cambio climático (tomado de Munang et al., 2013a).

Antecedentes conceptuales

La adaptación basada en los ecosistemas se definió como la reducción de la vulnerabilidad de las personas al cambio climático a través del uso sostenible y la conservación de los ecosistemas. En contraste con los recursos naturales comunes y la gestión de la biodiversidad, el propósito de AbE evalúa y selecciona las medidas de adaptación en el contexto de una estrategia global de adaptación.

Aunque las medidas de AbE utilizan los ecosistemas para adaptarse al cambio climático, AbE es un enfoque antropogénico que particularmente utiliza la capacidad de los ecosistemas para proporcionar los denominados servicios de los ecosistemas o servicios ecositémicos. En la literatura también se conocen como "infraestructura verde" y pueden ser concebidos como complementarios o sustitutos de medidas infraestructurales duras llamadas “grises”. Por ejemplo, los ecosistemas son capaces de generar servicios directos (bienes) tales como alimentos y materiales de construcción, así como servicios indirectos como la purificación del agua o la polinización. El proyecto TEEB2 describe la Economía de los Ecosistemas y Biodiversidad, y ha generado la siguiente descripción de los servicios (Cuadro 2):

Cuadro 2. Ejemplos de servicios ecosistémicos y su influencia en los componentes de la vulnerabilidad.

Servicio	Descripción	
Servicios de regulación	- Clima local y regulación de la calidad del aire - Regulación del agua - Secuestro y almacenamiento de CO2 - Moderación de eventos extremos - Tratamiento de aguas - Prevención de erosión y mantenimiento de la fertilidad del suelo - Polinización y control biológico	Estos servicios pueden influir en la **exposición** del sistema ser humano-ambiente a los efectos del cambio climático, particularmente a nivel local y ayuda a incrementar la **capacidad adaptativa** de los ecosistemas y reduce la **sensibilidad ecológica**
Servicios de soporte	- Hábitats para especies - Ciclo de nutrientes - Fotosíntesis - Mantenimiento de la diversidad genética	
Servicios de provisión	- Alimento, materiales, agua dulce, medicinas	Estos servicios mantienen a las sociedades durante la **adaptación al cambio climático** y
Servicios	- Recreación, salud	

culturales	mental y física - Turismo - Apreciación estética, inspiración y cultura del arte y el diseño - Experiencia espiritual y sentido de lugar y pertenencia	reducen **la sensibilidad de la sociedad** hacia los efectos negativos del cambio climático

Marco de análisis

Marco Analítico Medidas EBA Las medidas de la AbE deben basarse en un análisis racional de las complejas interdependencias entre los ecosistemas, el flujo de los servicios de los ecosistemas y las comunidades dependientes de los mismos. Para poder distinguir las relaciones causa -efecto de las fuerzas motrices o impulsoras (driver forces), las presiones, estados, impactos y respuestas. Para ello se ha usado una extensión del modelo de la OCDE de presión-estado-respuesta y ahora utilizada por la Unión Europea para la evaluación integral ambiental (DPSIR: driving forces, pressures, state, impact, response-, fuentes, presion, estado, impacto, respuesta). En la Figura 2 puede verse este modelo.

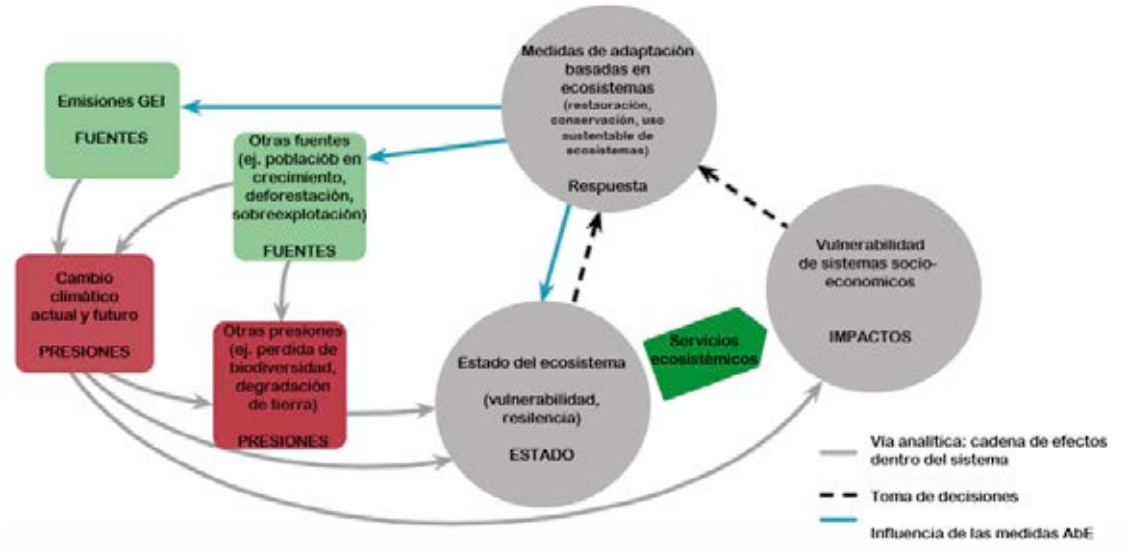


Figura 2. Marco analítico para las medidas de EbA (adaptado del marco DPSIR).

Göhler et al. (2013) ejemplifican este marco con un proyecto en Viernam desarrollado por GIZ (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit). La **presión del cambio climático** amenaza las regiones costeras de Vietnam con un aumento del nivel del mar de hasta 0,6 m para 2100, un aumento de las temperaturas, cambios en los patrones estacionales, y ciclones tropicales más intensos y más frecuentes. Las **presiones antropogénicas** adicionales son de tipo económico (cultivo del arroz intensivo, rápida expansión de las granjas camaroneras muy lucrativas y colindantes con santuarios de mangle), político (superposición de responsabilidades y falta de capacidades administrativas de las autoridades) y social (pobreza, falta de cooperación de los diferentes actores).

En un **estado** saludable, los manglares costeros proporcionan refugio y zonas de crianza, así como hábitats de peces, moluscos, crustáceos, aves, insectos, mamíferos y reptiles; protegen las zonas tierra adentro; mitigan las inundaciones y estabilizan el nivel de las aguas subterráneas. El sistema radicular tan particular de los árboles de mangle hace más lento el flujo de agua y sirve como trampa de sedimentos, estabilizando así el suelo y reduciendo los daños producidos por el oleaje y las tormentas. Además, albergan bacterias que descomponen el amonio y los nitratos, permitiendo una mayor densidad de la población de camarones sin el uso de aditivos químicos y en consecuencia se reduce el riesgo total. La sombra que bridan también ayuda a moderar las olas de calor en los estanques de camarones. Sin embargo, debido a las presiones antropogénicos y climáticas relacionadas, el ecosistema de manglar se encuentra parcialmente degradado y cada vez más vulnerable, provocando posteriormente una reducción de los servicios ecosistémicos.

El **impacto** está presente en forma de la disminución de la protección de los asentamientos humanos y de la agricultura, de la costa en retroceso, del avance de agua salada del mar hacia tierra adentro, causando la salinización de las aguas

subterráneas y del suelo para convertirse en suelos hipersalinos. A su vez, la producción de biomasa, así como el crecimiento y el reclutamiento de plántulas están disminuyendo, conduciendo probablemente a un cambio en la composición de especies. La declinación continuo de los manglares y la salinización de las tierras agrícolas impulsan cambios en el uso del suelo transformando los arrozales en granjas para la cría de camarones. Así, la ya poco diversificada economía local está en un riesgo aún mayor por las pérdidas económicas producidas por una epidemia en los camarones.

Como **respuesta**, las medidas de AbE en el proyecto de Vietnam se centran en la rehabilitación y en las actividades de conservación, así como en la promoción de prácticas de gestión sostenible. La rehabilitación de los bosques costeros degradados a través de la forestación y la protección de plántulas restaura los servicios ecosistémicos que se han perdido. La indicación de zonas protegidas donde la tala y la cría de camarones no está permitido, contribuye a la conservación de los ecosistemas. Además, los planes de manejo para los bosques de manglares y las granjas de camarones han sido introducidas. Incluyen los reglamentos para la pesca y promueven oportunidades para que las comunidades locales puedan tener ingresos alternativos. Estas medidas fortalecen la resiliencia de las comunidades locales al reducir los impulsores de la degradación de los ecosistemas y el mantenimiento de los servicios ecosistémicos.

Las medidas de la AbE deben:

- formar parte de una estrategia global
- contar con datos de escenarios y cambios climáticos futuros
- análisis de vulnerabilidad
- un enfoque territorial y transectorial, además de participación
- respetar los doce principios de la Convención de Diversidad Biológica

La aplicación de medidas de la AbE se puede fundamentar en un determinado servicio ecosistémico (por ejemplo, la retención de agua), o bien que forme parte de un ecosistema o de varios ecosistemas. Por el contrario, cada sector debe considerar sus servicios ecosistemicos relevantes y los ecosistemas subyacentes en el sector agua, por ejemplo, la recarga de las aguas subterráneas puede darse por una gama de ecosistemas tales como pastizales, humedales o ríos. Todos ellos deben ser incluidos en el proceso de selección de las mejores medidas para la adaptación. En general, el tipo y estado del ecosistema, así como el resultado que se pretende obtener, determinar las medidas de adaptación a elegir (Göhler et al., 2013).

La seguridad alimentaria

Cada vez más hay un incremento en la preocupación por los problemas de la seguridad alimentaria y el hambre. Es un tema sumamente delicado y grave, que producirá grandes presiones sobre las zonas rurales. Ya en 2007-2008, cuando los precios internacionales del maíz y la soya aumentaron, hubo disturbios sociales en más de 30 países. En momentos de cambio climático es crítico el construir sistemas alimentarios flexibles y elásticos que pueden mejorar la seguridad alimentaria y apuntar en la dirección correcta otros numerosos desafíos como el cambio climático, la escasez de recursos, la pobreza y la grave degradación ecológica. Es necesario romper el círculo vicioso recurrente de transferencia de los riesgos de una generación a otro. Será difícil de romper a menos que se pongan en marcha las medidas adecuadas. La degradación de los ecosistemas socava la producción de alimentos y la disponibilidad de agua limpia, además de otros servicios ecosistémicos, amenazando la salud humana, los medios de vida, y en última instancia la estabilidad de la sociedad (Munang et al., 2013 c y d).

Para satisfacer las necesidades alimentarias de hoy y mañana, se deben promover servicios ecosistémicos tales como la provisión de agua, la polinización y el mantenimiento de la fertilidad del suelo. Los agricultores dependen de los microorganismos del suelo para mantener su fertilidad y la estructura necesaria para la producción agrícola, así como en las especies silvestres de las comunidades ecológicas naturales para que se lleve a cabo la polinización de los cultivos así como el control de depredadores gracias a la existencia de plagas. En la actualidad, el valor de estos servicios no está integrado en el costo de producción de alimentos. El resultado es que los agricultores no son recompensados por supervisar su tierra para las generaciones futuras, y la producción y distribución de alimentos a menudo son perjudiciales para el medio ambiente (Munang et al., 2013 c y d).

El gran proyecto de investigación internacional sobre La Economía de los Ecosistemas y la Biodiversidad (TEEB- The Economics of Ecosystems and Biodiversity) ha llamado la atención sobre los beneficios económicos de los servicios ecosistémicos y la necesidad de calcular los costes de la pérdida de biodiversidad y la degradación de los ecosistemas. El informe de TEEB (2010) argumentó que si los bienes y servicios proporcionada por el mundo natural no son valorados e incorporados a las cuentas en el sistema económico mundial, el ambiente será menos resistentes a los impactos, arriesgando las vidas humanas, los medios de vida y la economía global.

Referencias

Álvarez, S. J. y E. Naranjo (eds) 2003. Ecología del Suelo de la Selva Tropical Húmeda de México. Universidad Nacional Autónoma de México e Instituto de Ecología, A.C., México.

Balvanera,P.,Siddique,I.,Dee,L.,Paquette,A.,Isbell,F.,González,A.,Byrnes,J., O'Connor, M.I.,Hungate,B.A.,Griffin,J.N.,2014.Linkingbiodiversityandecosystemservices:current uncertaintiesandthenecessarynextsteps. BioScience 64,49–57.

Barker et al. 2010

Chen 2014

Consejo Nacional de Población (CONAPO), (2013) Índice absoluto de marginación 2000-2010, México, D.F.

Costanza, R.,d'Arge, R.,deGroot,R.,Farber,S.,Grasso,M.,Hannon,B.,Limburg,K., Naeem, S.,O'Neill, R.V.,Paruelo,J.,Raskin,R.G.,Sutton,P.,vandenBelt,M.,1997. The valueoftheworld'secosystemservicesandnaturalcapital.Nature387, 253–260.

Díaz, S., Quétier, F., Cáceres, D.M., Trainor, S.F., Pérez-Harguindeguy, N., Bret-Harte, M.S., Finegan, B., Peña-Claros, M., Poorter, L., 2011. Linking funtional diversity and social actor strategies in a framework for inyterdisciplinary analysis of nature's benefits to society. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 108(3):895-902.

Evaluación de Ecosistemas del Milenio 2005. Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis World Resources Institute, Washington, D.C.

Göhler, D. F. Müller, C. Mytanz, J. Olivier, I. Renner, K. Riha, K. Tscherning. 2013. Ecosystem Based Adapataion (EbA). Serie Environment and Climate Change. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. 8pp.

Gómez- Pompa, A. y S. Del Amo (eds). 1985. Investigaciones sobre la Regeneración de Selvas Altas en Veracruz, México. Vol. II. Editorial Alambra Mexicana, México.

Gómez-Pompa, A., C. Vázquez-Yanes, S. Del Amo Rodríguez y A. Butanda Cervera (eds). 1976. Investigaciones sobre la Regeneración de Selvas Altas en Veracruz, México. Cía. Editorial Continental, México.

Gómez, L. (Editor). (2000) Cambio Climático y Desarrollo, PNUD y Yale School of Forestry & Environmental Studies. Costa Rica.

González-Soriano E., R. Dirzo y R, Vogt (eds). 1997. Historia Natural de Los Tuxtlas. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional pare el conocimiento de la biodiversidad. México. 647 pp.

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), (2014) Cambio Climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Resumen para responsables de políticas. Contribución del Grupo de Trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del IPCC

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), (2012) Informe especial sobre la gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático, Resumen para responsables de políticas. Informe de los grupos de trabajo I y II del IPCC

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), (2013), Cambio Climático 2013: Bases físicas. Contribución del Grupo de Trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del IPCC

Guevara, S., J. Laborde, & G. Sánchez-Ríos. (eds.) 2006. Los Tuxtlas. El Paisaje de la Sierra. Instituto de Ecología, A. C., Unión Europea. Xalapa, Ver.

Kari, S. y K. Korhonen-Kurki. 2013. Framing local outcomes of biodiversity conservation through ecosystem services: A case study from Ranomafana, Madagascar. Ecosystem Services 3:32-39.

Martín-Del Pozzo, L. 1997. Geología. En E. González-Soriano, R. Dirzo y R Vogt. (eds). Historia Natural de Los Tuxtlas. Universidad Nacional Autónoma de México. Comisión Nacional pare el conocimiento de la biodiversidad. México. Pp. 25- 32..

Munang, R. y J.N. Nkem, 2011a. Using small-scale adaptation actions to address the food crisis in the Horn of Africa: going beyond food aid and cash transfers. Sustainability 3: 1510–1516.

Munang, R., I. Thiaw, K. Alverson, M. Goumandakoye, D. Mebratu y J. Liu. 2013b. Using ecosystem-based adaptation actions to tackle food insecurity, environment. Science and Policy for Sustainable Development 55 (1): 29-35.

Munang, R., I. Thiaw, K. Alverson, M. Mumba, J. Liu y M. Rivington. 2013a. Climate change and Ecosystem-based Adaptation: a new pragmatic approach to buffering climate change impacts. Current Opinion in Environmental Sustainability 5:1–5.

Munang, R., I. Thiaw, y M. Rivington. 2011b. Ecosystem management: tomorrow's approach to enhancing food security under a changing climate. Sustainability 3: 937–954.

Pinto R., V.N. de Jonge, y J. C. Marques. 2014. Linking biodiversity indicators, ecosystem funtionning, provision of services and human well-being in estuarine systems: Application of a conceptual framework. Ecological indicators 36(2014)644-655.

Programa de Estudios sobre Cambio Climático de la Universidad Veracruzana. 2014. Cambio Climático en Veracruz. Página web: http://www.peccuv.mx/index.php?section=cc_veracruz. Revisado en Marzo de 2014.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), (2001) An adaptation policy framework: capacity building for stage II adaptation.

Rodríguez, H. 2012. Las políticas regionales ante el cambio climático. Jarocho Cuántico Suplemento Científico de la Jornada Veracruz • domingo 1° de abril de 2012 • número 13 Coordinador: Manuel Martínez Morales, Veracruz, México.

Sandifer et al. 2015

Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), (2012a) Adaptación al Cambio Climático en México: visión, elementos y criterios para la toma de decisiones, México.

Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), (2012b) Cambio Climático: una reflexión desde México, México D.F.

Sosa, V. y A. Gómez-Pompa (comp.) 1994. Lista Florística. Flora de Veracruz, Fascículo 82. Instituto de Ecología, A.C., Veracruz, México.

Sousa, M. 1968. Ecología de las Leguminosas de Los Tuxtlas, Veracruz. An. Inst. Biol.. Univ. Nal. Autón. México. 39, Ser. Botánica 1: 121-160.

Stern, N. (2007) Stern Review: The Economics of Climate Change.

TEEB (2010)

The World Bank (WB), (2010a) Economics to Adaptation to Climate Change: Social Synthesis Report. The International Bank for Reconstruction and Development

The World Bank (WB), (2010b) Economics to Adaptation to Climate Change: Synthesis Report, Washington DC.

TNC (2009) Adapting to climate change ecosystem based approaches to people and nature. The Nature Conservancy

I. CLIMATOLOGÍA REGIÓN LAS MINAS Y TATATILA

I.1. Objetivo

Proporcionar información climática de la región de estudio de apoyo al diagnóstico y caracterización de la vulnerabilidad de los municipios de Las Minas y Tatatila ubicados en la parte centro del estado de Veracruz; municipios identificados por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) como vulnerables, dentro del estudio titulado “Vulnerabilidad al cambio climático en los municipios de México”, realizado en 2013 (INECC, 2013)

La postura adoptada en cuanto a la parte teórica como metodológica consideró en primer lugar la definición de vulnerabilidad propuesta por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (2007), considerada en el proyecto base titulado “Diseño de planes de adaptación para municipios vulnerables en el Golfo de México”, y en segundo lugar, proporcionar una climatología regional que apoye la identificación de amenazas climáticas que en el pasado han sido detonadores de desastres.

Dado que el IPCC considera la vulnerabilidad al cambio climático como “el grado de susceptibilidad o incapacidad de un sistema para afrontar los efectos negativos del cambio climático”, en este estudio se hará uso de herramientas estadísticas y de la metodología propuesta por Conde y López (2010, tomada del IPCC, 2001) para definir eventos extremos.

Para abordar aspectos de cambios en el clima en su comportamiento medio como extremo se recurrirá al análisis de tendencias en las temperaturas máximas y mínimas y la precipitación, considerando parte de la metodología propuesta para

la generación de índices de cambio climático (Vázquez, J, 2010).

La identificación de los registros con valores extremos con base en la distribución percentil de los datos, serán contrastados con la información recopilada a través de aplicación de encuestas a la población y a tomadores de decisiones (ver Anexo I) para la identificación de eventos o amenazas climáticas que puedan estar asociados con los periodos fríos o cálidos identificados en el análisis estadístico, y se recurrirá a fuentes de información alterna (boletines del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), publicaciones y notas periodísticas) para la documentación de impactos a sectores relacionados con el desarrollo de las localidades o de la región.

I.2. **La región y su clima**

Dada la importancia que tiene la identificación de los sectores y grupos sociales en condición de vulnerabilidad y riesgo ante el cambio climático (CC), en este apartado se describe la ubicación de los municipios de Las Minas y Tatatila dentro del contexto geoFigura, hidrológico, poblacional y del uso de suelo de la región de estudio, considerando las características tanto internas como externas de la región que al interaccionar con factores de amenazas, desafían su capacidad de adaptación y determinan en conjunto el grado de vulnerabilidad global.

I.2.1.1. **El espacio en estudio**

Para el estudio se seleccionó una “gran región” comprendida entre los 19° 30’ y 20° 30’ de latitud norte y los 96° 15’ y 97° 15’ de longitud oeste, la cual por su dimensión permite analizar y mapear de manera adecuada el comportamiento espacio-temporal de los elementos climáticos, caracterizar los factores que

determinan el clima de los municipios de Las Minas y Tatatila, vislumbrar las dinámicas de los posibles factores de amenaza presentes en el entorno, y el grado de exposición de los asentamientos humanos, infraestructuras físicas y recursos ambientales.

El municipio de las Minas (de acuerdo al sitio web del portal oficial de H. Ayuntamiento Municipal[1]),se encuentra entre las coordenadas 19° 39' y 19º 46' de latitud norte y los 97° 06' y 97° 12' de longitud oeste, abarca un área de 78.96 Km^2 y presenta niveles altitudinales de 700 a 2400 metros. Limita al norte con el municipio de Altotonga, al este con los municipios de Altotonga y Tatatila, al sur con los municipios de Las Vigas de Ramírez y Villa Aldama y al oeste con los municipios de Villa Aldama y Altotonga.

Al 2010 contaba con 12 localidades (todas ellas rurales) y un total de 2 897 habitantes. La riqueza del municipio se relaciona con los minerales, arenas y los metales existentes; además, en él se desarrolla la actividad agrícola, teniendo como cultivos principales el maíz, el frijol y el café, los cuales se encuentran expuestos al "ataque de los vientos que por lo regular se mantiene durante todo el año". La actividad pecuaria está relacionada con el ganado ovino y caprino, utilizando pastos amacollados para el pastoreo.

El municipio de Tatatila[2], (de acuerdo al sitio web del portal oficial de H. Ayuntamiento Municipal), se encuentra entre las coordenadas 19° 38' y 19° 47' de latitud norte y los 97° 01' y 97° 09' de longitud oeste, abarca un área de 92.01 Km^2 y presenta niveles altitudinales de entre 800 a 2500 metros. Al 2010 contaba con 46 localidades y una población de 5 584 habitantes. Limita al norte con los municipios de Las Minas, Altotonga y Tlacolulan; al este con el municipio de

[1] http://lasminas.gob.mx/plan-de-desarrollo-municipal/
[2] http://www.tatatila.gob.mx/caracteristicas-generales-de-tatatila/

Tlacolulan; al sur con los municipios de Tlacolulan y Las Vigas de Ramírez y al oeste con los municipios de Las Vigas de Ramírez, Villa Aldama y Las Minas.

Al 2013 se registraba una superficie total de siembra de 1, 667.5 Hectáreas, siendo el maíz grano, higo y café cereza los cultivos principales, y en la actividad pecuaria se reportaba dentro del volumen de producción en pie el correspondiente a las especies bovino, porcino, ovino y caprino.

En la figura 3 se muestran los diferentes usos de suelo en la región de estudio, apreciándose que en las partes medias-altas de los municipios de Las Minas y Tatatila predomina la actividad agrícola y dentro de zonas de bosque; la pecuaria no es registrada.

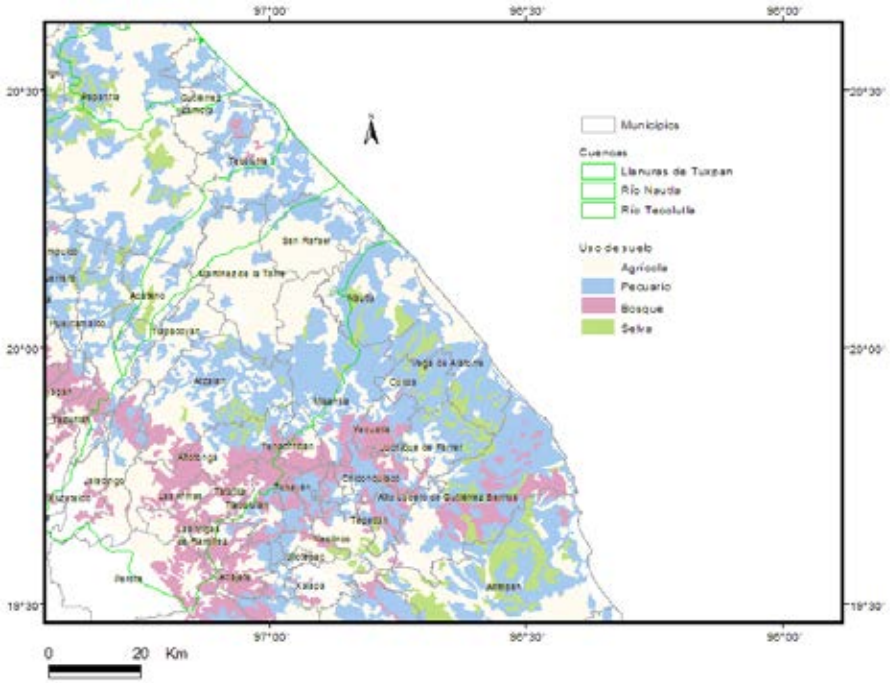


Figura 3 Usos de suelo en los municipios de Las Minas y Tatatila, Veracruz. Fuente: INEGI (2010) 1:250000

En la figura 4 se proporciona una vista satelital que permite situar a las poblaciones de Las Minas y Tatatila dentro del contexto oroFigura, y las figuras 2a), 2b) permiten observar el crecimiento de la población de Las Vigas de Ramírez

y los usos de suelo alrededor del asentamiento poblacional para dos años 2003 y 2015. La figura 2c) corresponde a la imagen del poblado de Las Minas en el año 2011.

Considerando las diferencias de altitudes entre las poblaciones de Las Vigas de Ramírez, Tatatila y Las Minas y lo accidentado del terreno sitúan a estos municipios en condición de vulnerabilidad ante la ubicación de las poblaciones en las cercanías o sobre laderas, y por otra parte, el grado de deforestación y uso de suelo que se aprecia en las cercanías del poblado Las Vigas de Ramírez, podría condicionar el grado de exposición de la población de Las Minas al incremento de por ejemplo, la escorrentía superficial y los diferentes tipos de deslizamientos asociados.

a) Las Vigas de Ramírez 2003 b) Las Vigas de Ramírez 2015

c) Las Minas 2011

Figura 4. Fotografías satelitales de las poblaciones de las Vigas de Ramírez a) 2003, b) 2011 y Las Minas c) 2015.Fuente: Google Earth.

El municipio de Las Minas se encuentra ubicado en la cuenca del río Nautla. En él se encuentran la presa derivadora Borregos y la derivadora río Puerco y la planta hidroeléctrica Las Minas; mientras que el municipio de Tatatila

pertenece a la cuenca del Nautla en un 99% de superficie, y en un 1% a la cuenca del río Actopan; ubicándose dentro de él, las derivadoras Tenexpanoya, Zacapoaxtla I, Suspiro, Río Frío, El Sauce y Zacapoaxtla II, los ríos perennes: Bobos, Santa Rita y Trinidad, y los ríos intermitentes: Frío, Las Truchas, Misantla y Tenepanoya (fuente sitio web del H. Ayuntamiento de Tatatila).

En la figura 5 se muestra la ubicación de las presas y de los ríos perennes e intermitentes, lo cual permite tener un acercamiento al posible grado de exposición de estos municipios del recurso hídrico ante amenazas climáticas como las sequías, para satisfacción de las demandas por parte de los habitantes, dado que los ríos del tipo intermitente por lo general llevan agua sólo en temporadas de lluvias, y sólo en los perennes fluye agua todo el año.

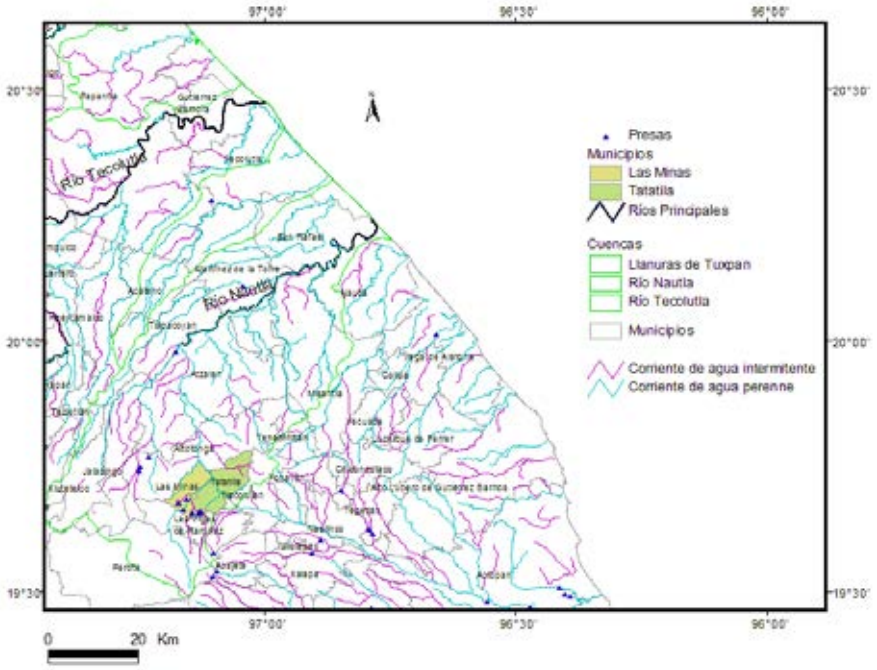


Figura 5. Ubicación de las presas de los ríos perennes e intermitentes en los municipios de Las Minas y Tatatila, Veracruz. Fuente INEGI 1:50000

En la figura 6 se aprecia la ubicación de poblados urbanos y poblados principales presentes en la región de análisis, observándose que la población de tipo rural en

su mayoría se encuentra ubicada hacia las zonas de mayor altitud, situación que se presenta en los dos municipios de interés. De acuerdo al censo del 2010, el municipio de Las Minas tiene como principales poblados: Rinconada (480 hab), Molinillo (386 hab), Quiahuixcuautla (376 hab), Landaco (339 hab) y Las Minas (235 hab); mientras que para el municipio de Tatatila: Tatatila (960 hab), La Mancuerna (620 hab), Piedra Parada (468 hab), Tenexpanoya (428 hab) y San Antonio de Córdoba (391 hab.)

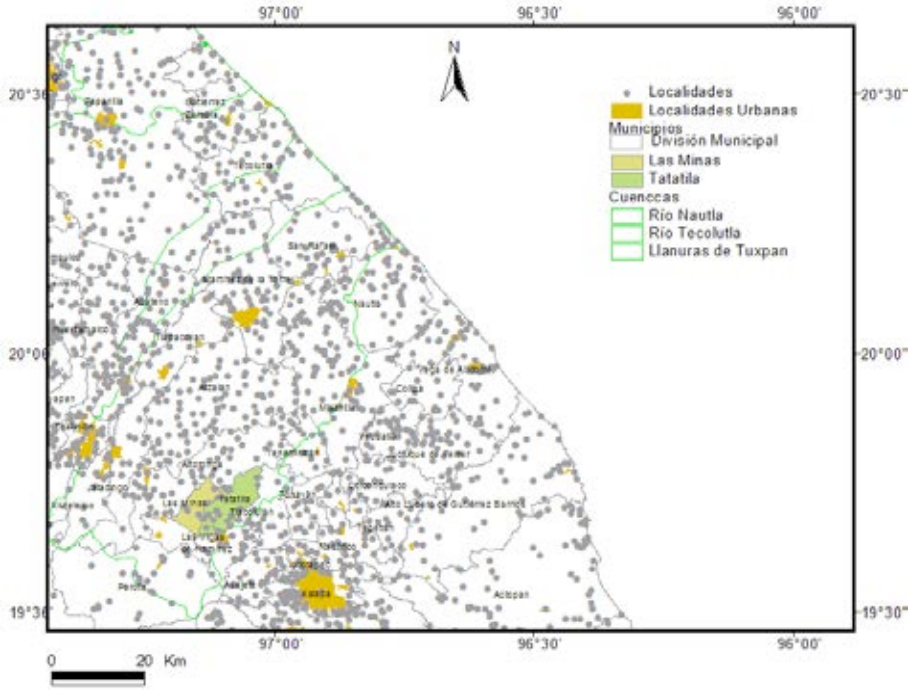


Figura 6. Ubicación de localidades urbanas y rurales en los municipios de Tatatila y las Minas. Fuente: INEGI 2010 esc. 1:1000,000

I.3. **Los climas**

Para el análisis de los climas presentes en los municipios de Las Minas y Tatatila, se consideraron los datos de las normales climatológicas del periodo 1950-2000 del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) de tres estaciones climatológicas, cuya ubicación se muestra en la figura 7, figura que además, permite observar los diferentes niveles altitudinales presentes en los municipios de interés y en la gran

región considerada para el análisis y generación de los escenarios climáticos observado y futuros.

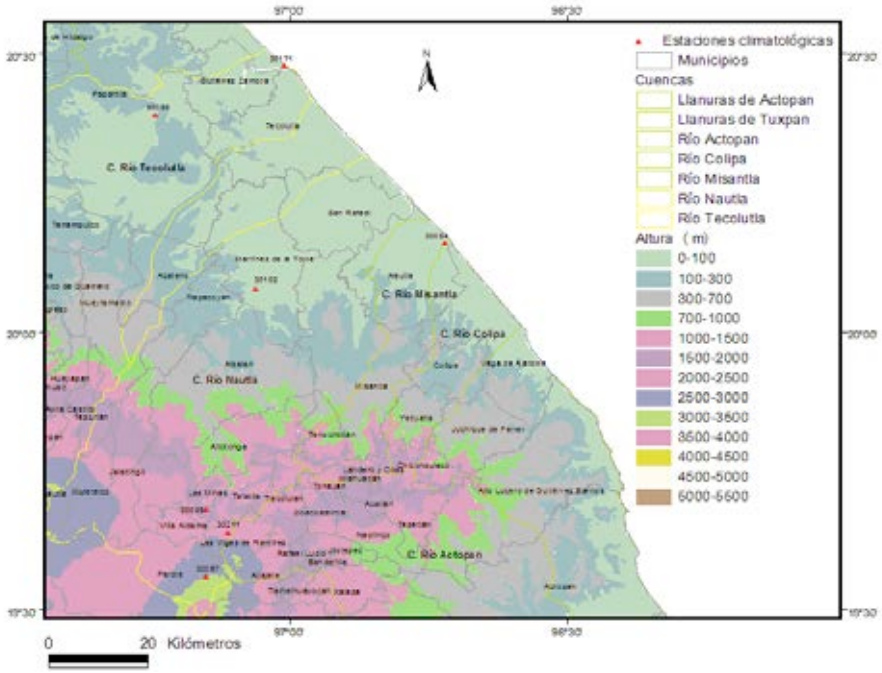


Figura 7. Ubicación de los municipios de Las Minas y Tatatila, niveles altitudinales y ubicación de las estaciones climatológicas. Fuente: INEGI 1990, esc.1:4000000

En la figura 7 se observan las estaciones climatológicas utilizadas para el análisis climatológico de la región de estudio (las cuales se encuentran dentro de la subcuenca del río Bobos), además de los niveles altitudinales presentes en los municipios de Las Minas y Tatatila. Los niveles más bajos en ambos municipios se encuentran entre los 700 a 1000 msnm y los más altos entre los 2000 a 2500 msnm. En la Cuadro 3 se proporciona información sobre los periodos de registro de las estaciones y su ubicación en el contexto hidrológico.

Cuadro 3. Estaciones climatológicas utilizadas para generación del escenario base observado.

Clave	Nombre	Municipio	Cuenca	Organismo	Inicio	Fin	Latitud norte	Longitud oeste	Altura (msnm)
30097	Los Pescados	Perote	Río Nautla y otros	CFE	01/03/1964	30/09/2009	19°33'41"	97°08'53"	2395
30089	Las Minas	Las Minas	Río Nautla y otros	CFE	01/09/1949	30/09/2000	19°41'23"	97°08'51"	1415
30211	Las Vigas de Ramírez	Las Vigas de Ramírez	Río Nautla y otros	CONAGUA-SMN	01/06/1922	31/12/2008	19°38'20"	97°06'35"	2426

Las estaciones Las Vigas de Ramírez y Los Pescados se seleccionaron considerando que, por sus diferencias altitudinales se podían construir transectos de apoyo al análisis de las variaciones de las temperaturas y la precipitación con la altura, ya que solo se cuenta con información de la estación climatológica de Las Minas para los dos municipios de interés.

Considerando los fines de este trabajo, el escenario base-observado se construyó a partir de datos diarios de temperatura (mínima y máxima) y de precipitación registrados en las tres estaciones contenidas en la Cuadro anterior. Las bases utilizadas se obtuvieron de la información disponible en línea del SMN

Con el fin de poder comparar el escenario base obtenido de la página del IMTA con el escenario base observado, se seleccionó el periodo 1950 al 2000 para crear los mapas mensuales y estacionales de las variables climáticas antes mencionadas.

La estadística descriptiva se consideró como una herramienta para el análisis de variaciones respecto a una media, la tendencia y la identificación de cambios en el comportamiento de los datos, que pudieran estar asociados a fenómenos atmosféricos que han impactado a la región (ver carpeta 1).

El mapa de climas muestra las áreas abarcadas por los climas predominantes de acuerdo a la información de CONABIO sobre climas, esc. 1:1000,000. Como se aprecia en la figura 8 en la región Las Minas-Tatatila se presentan climas que van del semicálido al templado (ver Cuadro 4).

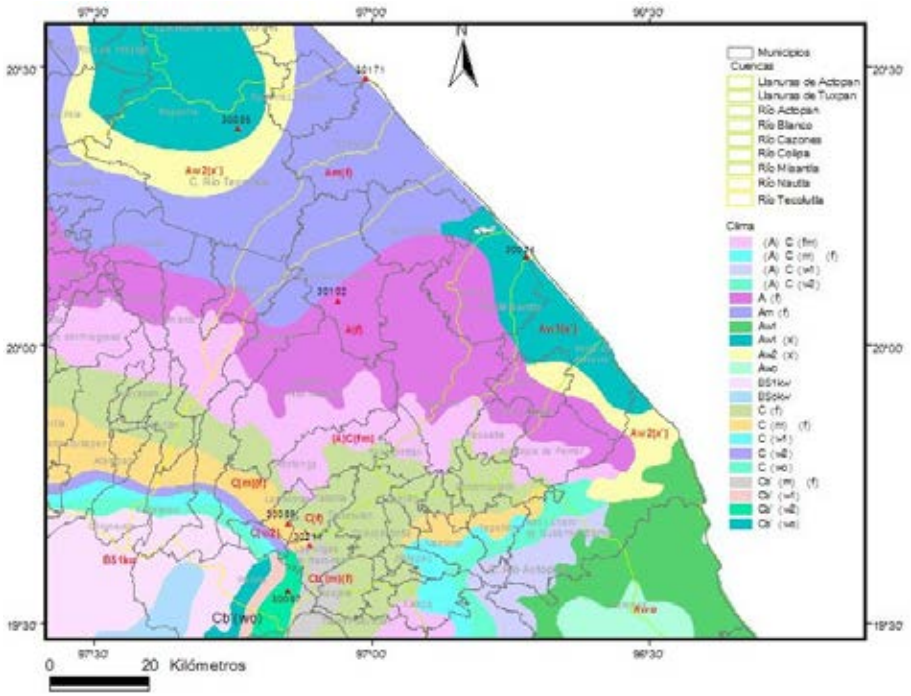


Figura 8. Climas en la región Las Minas-Tatatila. Fuente: E. García-CONABIO, 1998, esc 1:1000,000 publicado en 2001.

Cuadro 4. Tipos y subtipo de los climas que se encuentran en la región comprendida entre los 19° 30' y 20° 30' de latitud norte y los 96° 15' y 97° 15' de longitud oeste.

Tipo de Clima	Descripción
(A)C(fm)	Semicálido húmedo del grupo C, temperatura media anual mayor de 18ºC, temperatura del mes más frío menor de 18ºC, temperatura del mes más caliente mayor de 22ºC Precipitación del mes más seco mayor a 40mm; lluvias entre verano e invierno y porcentaje de lluvia invernal menor al 18% del total anual. Este clima está presente en la región entre los 300 a 1500 msnm.
C(f)	Templado, húmedo, temperatura media anual entre 12ºC y 18ºC, temperatura del mes más frío entre -3ºC y 18ªC y temperatura del mes más caliente bajo 22ºC. Precipitación en el mes más seco mayor de 40 mm; lluvias todo el año y porcentaje de lluvia invernal mayor al 18% del total anual. Este clima está presente en la región entre los 1500 a 2500 msnm.
C(m)(f)	Templado, húmedo, temperatura media anual entre 12ºC y 18ºC, temperatura del mes más frío entre -3ºC y 18ªC y temperatura del mes más caliente bajo 22ºC. Precipitación del mes más seco menor a 40mm; lluvias entre verano e invierno y porcentaje de lluvia invernal mayor al 10.2% del total anual. Este clima está presente en la región entre los 1500 a 2500

	msnm.
C(w2)	Templado, subhúmedo, temperatura media anual entre 12ºC y 18ºC, temperatura del mes más frío entre -3ºC y 18ªC y temperatura del mes más caliente bajo 22ºC. Precipitación del mes más seco menor a 40mm; lluvias entre verano con índice P/T mayor de 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5 al 10.2% del total anual. Este clima está presente en la región entre los 2000 2500 msnm.

En la Cuadro 5 se proporciona la información obtenida del análisis de los climogramas para el periodo de registro 1950-2000, de dos estaciones climatológicas cercanas a la estación Las Minas: Los Pescados (30097) y Las Vigas de Ramírez (30211), y en la figura 7 se proporcionan los climogramas correspondientes.

Del análisis se encuentra que, para las tres estaciones:

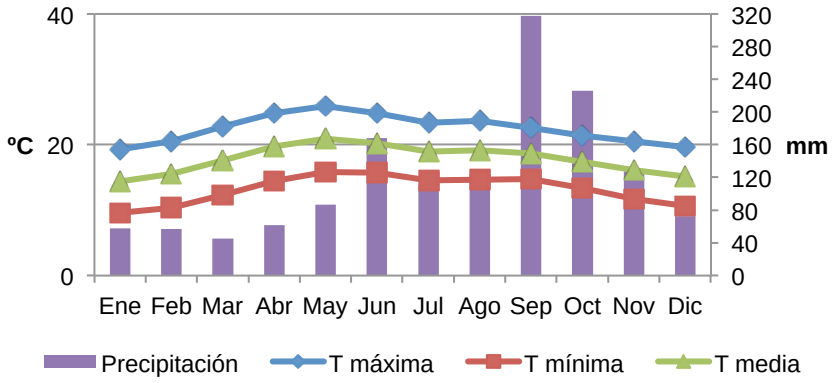
- Enero es el mes más frío y mayo el más cálido.
- Marzo corresponde al mes más seco en términos de la precipitación registrada, y septiembre al mes más lluviosos.
- El valor mayor de precipitación total anual (mm) se registra en Las Minas, y el menor en Los Pescados.
- La canícula se presenta en el mes de agosto en Las Vigas de Ramírez y Los Pescados, y en los meses de julio y agosto en Las Minas.
- Las Minas y Los Pescados tiene un clima templado y Las Vigas de Ramírez semifrío.

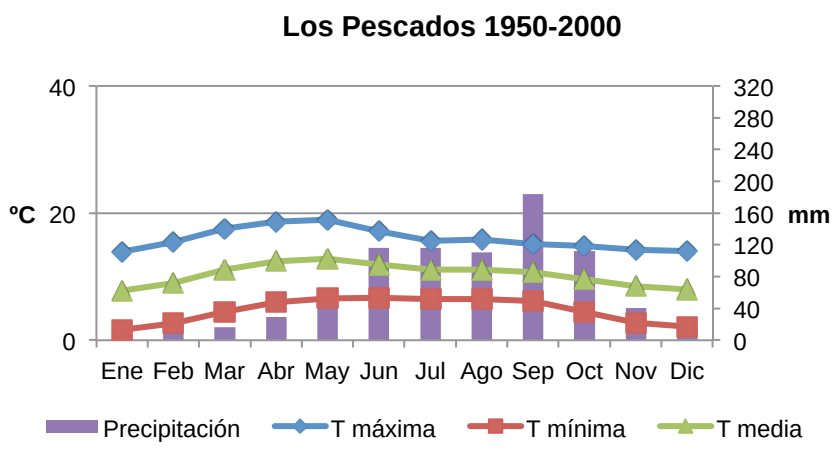
Cuadro 5. Los climas por estación climatológica de acuerdo al Sistema de Köppen modificado por García (1988).

Estación/datos	Las Vigas de Ramírez	Los Pescados	Las Minas
Altitud (msnm)	2426.0	2395.0	1415.0
T media anual (°C)	11.9	10.3	17.8
Temperatura mediadel mes más frío y mes en que se presenta.	9.3 enero	**7.8** enero	14.4 enero
Temperatura mediadel mes más caliente y mes en el que se presenta.	14.7 mayo	12.8 mayo	**20.9** mayo
Precipitación total	1124.7	826.7	1455.3

anual (mm)			
Precipitación del mes más seco y mes en el que se presenta.	23.6 marzo	16.2 marzo	45.4 marzo
Precipitación del mes más lluvioso y mes en el que se presenta.	183.9 septiembre	244.5 septiembre	317.7 septiembre
% de lluvia invernal	7.6	6.6	11
Determinación del régimen de lluvias.	De verano	De verano	Intermedio
Corresponde a un a clima seco.	No es seco	No es seco	No es seco
Grupo de clima.	Semifrío	Templado	Templado
Subgrupo húmedo o subhúmedo.	húmedo	subhúmedo	subhúmedo
Cociente Pc/T	94.5	80	81.7
Presenta canícula	En agosto	En agosto	En julio
Oscilación térmica anual.	5.4 Con poca oscilación	5 Con poca oscilación	6.5 Con poca oscilación
Tipo y subtipo de clima	Cb´(m)(f)	Cb´(w_2)	C(f)

Las Minas 1950-2000





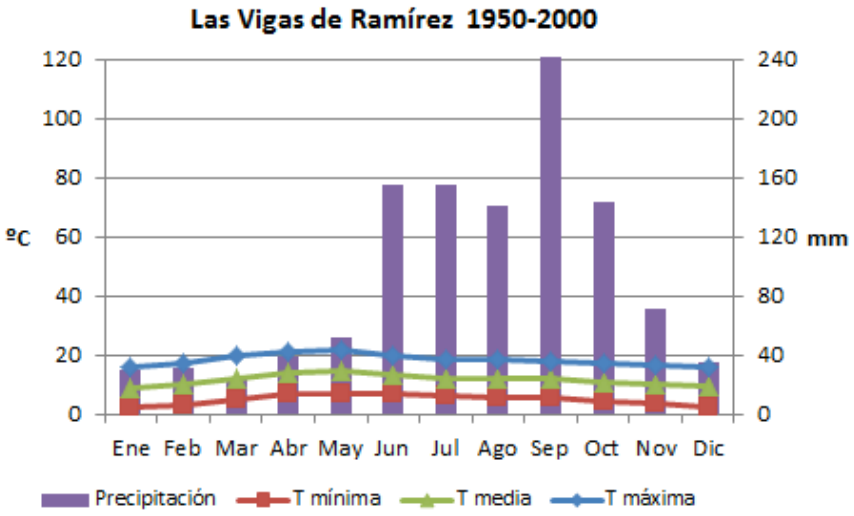


Figura 9. Climogramas correspondientes a las estaciones climatológicas Las Minas Los Pescados y Las Vigas de Ramírez

I.4. **Sistemas de circulación**

Por su ubicación geoFigura la región de Tatatila y Las Minas se encuentra dentro de la región tropical, de manera que la interacción de los sistemas de circulación atmosférica y las condiciones presentes, son los controles más fuertes del clima en ella.

Por lo que durante los finales de octubre a inicios de mayo, esta región se encuentra expuesta al paso de frentes fríos, los cuales pueden ocasionar

descensos marcados de temperatura y traer asociados vientos fuertes denominados “Nortes”. Y durante los meses de mayo a noviembre, la región se encuentra expuesta al paso de las ondas del este y al impacto de los sistemas ciclónicos tropicales (depresiones tropicales, tormentas tropicales y huracanes) cuyas trayectorias han llegado a pasar cerca de la región, o bien que por las dimensiones de sus bandas nubosas y vientos asociados afectan tanto las condiciones térmicas y de precipitación de los municipios en estudio.

I.4.1.**Frentes fríos**

El paso de los frentes fríos por el territorio veracruzano y las masas de aire frío y vientos del norte asociados, generan descensos en las temperaturas y precipitaciones pluviales de diferentes intensidades, heladas y/o nieblas.

En el análisis realizado por Moreno (2013) sobre las temperaturas mínimas registradas durante los inviernos 2009 -2010 y 2010-2011, encuentra que el ingreso de los frentes y las masas de aire frío y los eventos de Norte asociados, propiciaron temperaturas mínimas relativamente extremas. En el primer periodo las temperaturas más bajas se registraron en el municipio de La Perla (3°C) y la región del Cofre de Perote (5°C); mientras que en el segundo se observaron -4°C con respecto a la media en la zona de Pánuco- Tuxpan y La Joya-Las Vigas y de -3°C en la zona Perote-Cosautlán; mientras que en la zonas de Coatzacoalcos-Minatitlán-Las Choapas el valor observado fue de -2°C.

Las anomalías positivas de +4°C se presentaron durante el segundo periodo en la zona de Zongolica y en la zona Boca del Río-Alvarado. Menciona que tales anomalías podrían estar relacionadas con teleconexiones, considerando que durante el 2009-2010 se presentó evento El Niño moderado a fuerte y las Oscilación del Ártico y del Atlántico Norte con valores negativos.

De acuerdo a Magaña (1999), durante inviernos El Niño la presencia anómalamente continua de frentes fríos provoca que las temperaturas en gran parte del país estén por debajo de lo normal. Encuentra que en años El Niño la actividad de Nortes aumenta en comparación con años La Niña, incrementándose la entrada de aire frío, resultando en inviernos más crudos. Refiere que durante el periodo1982 a principios de 1999 ocurrieron cuatro niños en los inviernos 1982-1983, 1986-1987, 1991-1992 y 1997-1998, siendo este último el más intenso. Menciona además que en el estado de Veracruz el impacto de El Niño en el clima invernal se relaciona con la actividad de los Nortes.

En la figura 10 se puede observar las dimensiones del área de influencia que pueden llegar a tener este tipo de masas de aire frío. La imagen fue tomada del Aviso Especial No_26022015_ FF37-Norte emitido por el Centro de Estudios y Pronósticos Meteorológicos (CEPM) Dependiente de la Secretaría de Protección Civil del Estado de Veracruz sobre el frente frío número 37. En el aviso se mencionaba la persistencia de viento del norte con velocidades de 25 a 35 km/h y rachas de 50 a 60 km/h, precipitaciones de entre 5 a 15 mm para cualquier punto de la entidad con posibilidades de incrementos hacia la zona sur del estado, y condiciones de cielo nublado, nieblas, lloviznas, lluvias ligeras a moderadas y temperatura bajas para las siguientes 48 hrs.

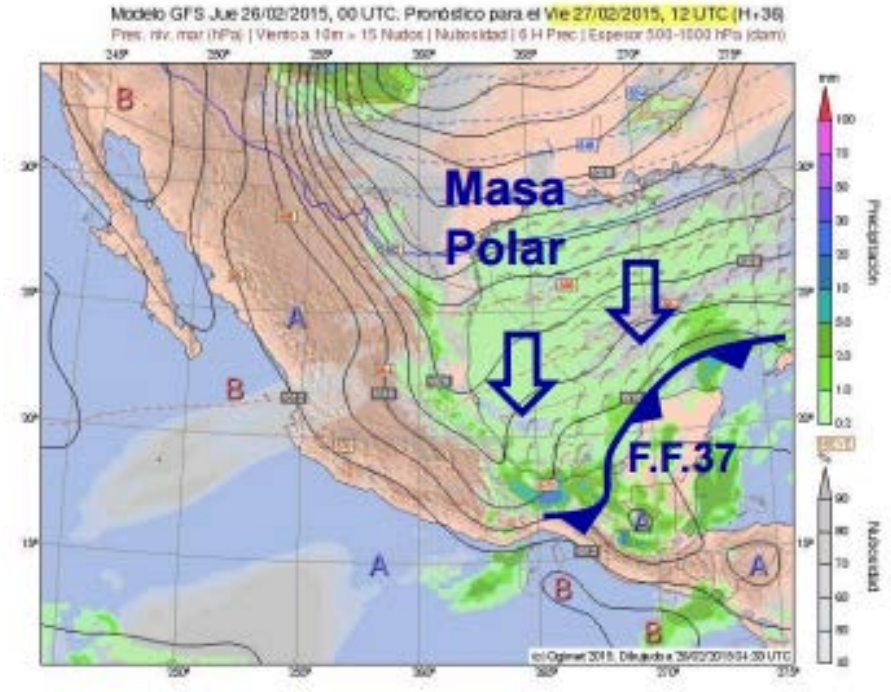


Figura 10. FF No, 37 .Pronóstico para las 6 horas del día 27 de febrero de 2015

En la estación climatológica Las Minas para el periodo 1951-2010 se registra la presencia de nieblas durante todo el año siendo octubre (13.5 días) el mes con mayor número de días con niebla, respecto a la lluvia se observa que el mayor número de días con lluvia se presenta en septiembre (18.5 días), mientras que el mes con menos días con lluvia es abril (9.3 días). Las tormentas eléctricas y el granizo se presentan pocas veces en el año (ver figura 11).

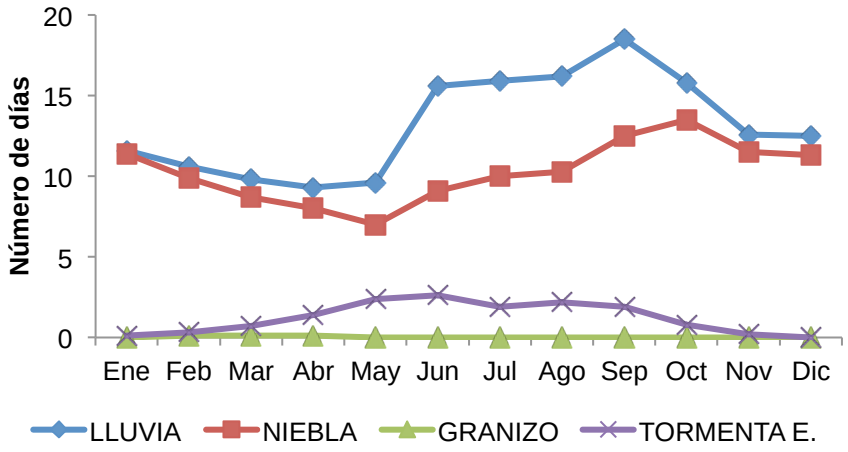


Figura 11. Comportamiento temporal de fenómenos especiales en Las Minas, Veracruz. Periodo 1950-2000.

En el caso de los municipios de interés en este estudio, las temperaturas bajas asociadas a los eventos de frentes fríos han ocasionado que el gobierno del Estado solicite Declaratorias de Emergencia, como ejemplo de caso se documenta la situación del frente frío No. 21 el cual propició bajas temperaturas para los municipios de Atzalan, Jalacingo, Altotonga, Las Minas, Tatatila y Huayacocotla; alcanzándose en Perote temperaturas de -6°C. En nota periodística de esa fecha se reportan apoyos del gobierno estatal consistentes en el envío de "150 toneladas de ayuda a los 29 municipios costeros y a los 114 montañosos más vulnerables"[3].

Del análisis de percentiles y de sistemas que han impactado al estado de Veracruz y en particular a la zona Las Minas –Tatatila, se documenta el caso de interacción del frente frío y la depresión tropical ocurrida durante el periodo del 4 al 8 de octubre de 1999; caso que puede ser asociado con el grado de exposición de la región ante amenazas climáticas, y más aún ante la combinación de algunas de ellas y la intensidad de las precipitaciones que pueden llegar a generar.

Durante los días 4 a 8 antes mencionados, en el territorio veracruzano se sintió el impacto de la interacción de la Depresión tropical 11 con el FF No. 5. En el

[3]http://www.oem.com.mx/oem/notas/n2849131.htm

boletín hidrometeorológico No. 557 de fecha 6 de octubre de 1999, se mencionaba que los sistemas continuarían generando en la entidad lluvias localmente intensas y tormentas eléctricas aisladas, así como persistencia de viento fuerte del norte. Del análisis de datos diarios de la estación de Las Minas la precipitación acumulada durante los días del 4 al 6 alcanzó un valor de 649.6 mm (equivalente al 44% de la precipitación acumulada anual del periodo 1950-2000), mientras que en Las Vigas de Ramírez la precipitación acumulada correspondiente, alcanzó 248 mm (el 22% de la precipitación acumulada anual del periodo 1950-2000). En el Boletín Hidrometeorológico del día 6 se reportaron precipitaciones de 212.2 mm en Martínez de la Torre; 118.8 mm en Ángel R. Cabada; 106.8 mm en Xalapa y 66.0 en Teocelo. Cabe mencionar que las lluvias acontecidas durante octubre de 1999, han sido consideradas como extraordinarias (Garnica y Alcántara, 2004)

I.4.2.**Ondas del este**

Las ondas del este se generan por una perturbación en la corriente de los vientos alisos. Estas perturbaciones provienen del continente africano y viajan al oeste durante los meses de mayo a octubre, afectando principalmente el sur de México y Centro América; por lo que en sus orígenes se llaman “ondas africanas” y en su viaje por el Atlántico ondas del este u ondas tropicales (Morales, 2008).

El paso de las ondas tropicales (OT) por el estado de Veracruz han llegado a provocar lluvias muy fuertes (50 a 70 mm) con tormentas eléctricas, granizadas y vientos fuertes en la zona central, como en al caso de la OT 7 en 2015. De acuerdo al comunicado de prensa No. 405-15 de CONAGUA, para la región Golfo se pronosticaban condiciones de cielo de medio nublado a nublado, 80% de probabilidad de lluvias muy fuertes en el centro de Veracruz y sur de Tamaulipas, y fuerte en Tabasco; viento del este y noreste de 20 a 35 km/h en Veracruz y Tabasco, con rachas superiores a 50 km/h en Tamaulipas. Las temperaturas más

calurosas que podrían presentarse durante el día y, se relacionaban a la presencia de una circulación anticiclónica en la atmósfera.

En la figura 12, se proporciona una imagen de satélite en la que se aprecia la zona de convergencia intertropical (línea doble en verde), la corriente de bajo nivel (flecha azul), una OT al norte de Colombia,la ubicación de la tormenta tropical (TT) Dolores, dos canales de baja presión (uno sobre el noroeste, occidente y centro del país, y otro en el sureste del territorio nacional) que al interaccionar con las entradas de humedad del Océano Pacífico, Golfo de México y Mar Caribe condicionan la generación de lluvias puntuales intensas.

En el caso de la región Golfo de México, se pronosticaban las condiciones de cielo medio nublado a nublado, un 60% de probabilidad de lluvia intensa acompañada de chubascos, tormentas eléctricas, caída de granizo y vientos fuertes en Veracruz (más hacia la parte sur) y lluvia en Tabasco y Tamaulipas. Viento del este y sureste de 20 a 35 km/h con rachas en zonas de tormenta. En el reporte de lluvias máximas de las últimas 24 horas se mencionaba un acumulado de 91.4 mm en Alvarado, Ver. Para la parte centro y sur del estado de Veracruz, la imagen muestra dos áreas con fuerte actividad convectiva.

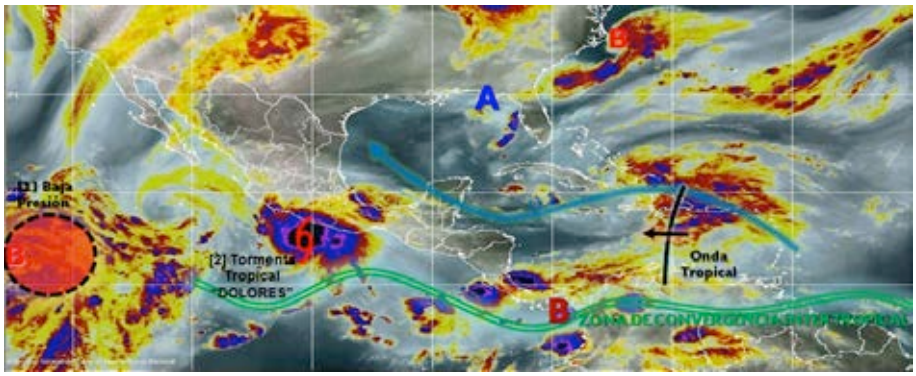


Figura 12. Imagen GOES-Este CH IR3 de las 8:45 GMT del 12/07/2015. Fuente: Servicio Meteorológico Nacional México (http://smn.cna.gob.mx)

En las figuras 11 y 12 se muestra los mapas de viento para los meses representativos de las estaciones del año, y los niveles altitudinales presentes en

la gran región. Para la elaboración de los mapas que incluyen los datos de viento y topografía fueron utilizados datos del reanálisis MERRA (MODERN-ERA RETROSPECTIVE ANALYSIS FOR RESEARCH AND APPLICATIONS) de la NASA y del Proyecto ETOPO1 Global ReliefModel de la NOAA respectivamente.

Para el campo de topografía se usaron datos del proyecto ETOPO1 de NOAA, ya que cuenta con una excelente resolución. Para el despliegue de los datos se utilizó el software denominado como GrADS (GridAnalysis and DisplaySystem). Después de desplegar los datos de topografía se desplegó sobre él el campo de vientos, obtenidos del reanálisis denominado MERRA de la NASA, con una resolución de 0.5° por 0.5° a 10 m de altura en periodo diario desde enero de 1981 a diciembre de 2010, obteniendo un total de 10958 archivos de datos.
Estos datos fueron promediados mediante la creación de un “archivo de control” (.ctl), cuya función es agrupar todos los archivos de la muestra en uno sólo, para posteriormente hacer el promediado vectorial, con la finalidad de obtener el viento promedio del periodo antes mencionado. Posteriormente fueron reinterpolados a una resolución de 0.15° por 0.15° mediante una herramienta que proporciona “OpenGrADS” denominada “regrid”, para poder ser desplegados sobre el campo de orografía.

En la figura 13 a) correspondiente a la primavera, se observa que en la zona de barlovento predomina el flujo de vientos alisios más intensos hacia la parte norte de la región y que la saliente de la sierra en dirección al mar, está relacionada con una zona de difluencia del viento. En la zona de sotavento el viento tiene componente suroeste. A lo largo de la cordillera de cara al mar y en la ubicación de Las Minas_Tatatila, se observa una zona de confluencia de vientos.

Los vientos alisios generalmente se establecen a partir de junio y soplan desde el Golfo de México hacia la parte continental del territorio mexicano.

Jáuregui (2003) señala que al ingresar estos vientos húmedos al continente se presentan aguaceros y la variación diurna de la temperatura es de pocos grados durante el periodo lluvioso.

En la imagen correspondiente al verano (figura 13 b)), la situación cambia, toda la región se encuentra bajo el paso de los vientos alisios, más intensos en la zona de barlovento y hacia la zona norte. Hacia la zona sur respecto a la saliente hacia el mar, los vientos son menos intensos, dando lugar a más lluvias oroFiguras por la afluencia de aire cálido húmedo.

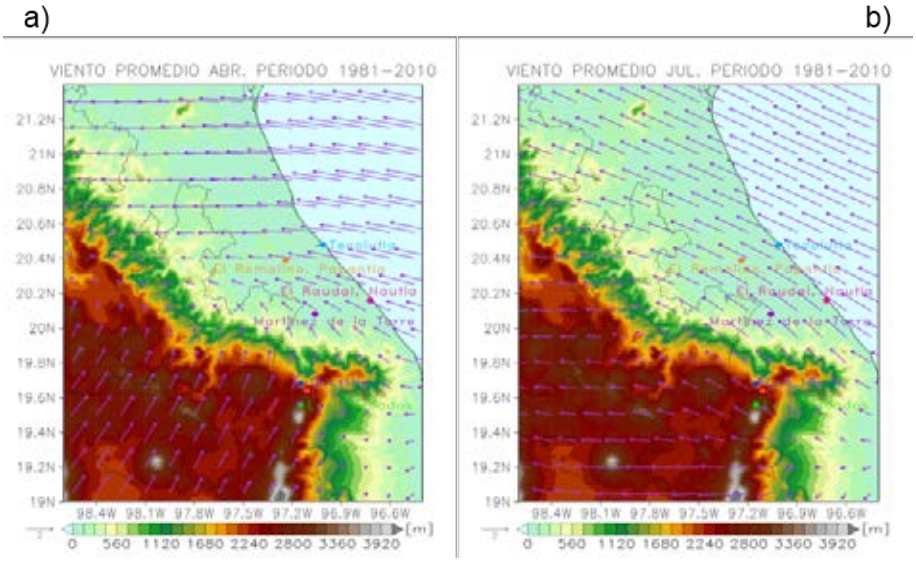


Figura 13. Vientos promedio para: a) Mes representativo de la primavera y b) Mes representativo del verano. Periodo 1981-2010.

En la situación invernal (figura 14a)), los vientos predominantes son del noreste, más intensos en la zona norte de la gran región. En la zona de la saliente de la cordillera hacia el mar, se observa un efecto de difluencia en el viento y vientos menos intensos que muestran una recurvatura ciclónica en la zona marítima y anticiclónica en la continental, siendo más marcada esta circulación hacia la parte de sotavento. En la zona Las Minas-Tatatila los vientos promedio tienen componente del noroeste.

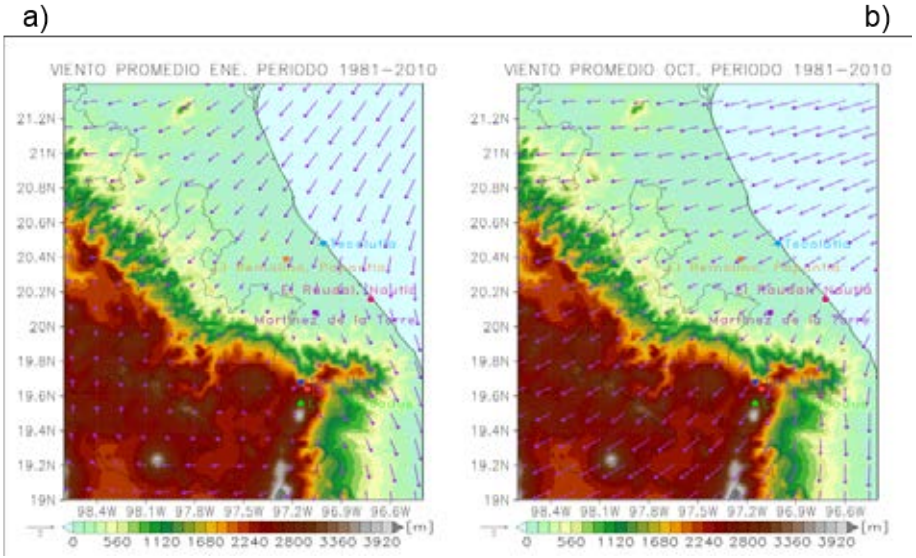


Figura 14.Vientos promedio para: a) Mes representativo del invierno y b) Mes representativo del otoño. Periodo 1981-2010.

En la figura 14b) se aprecia que en la parte norte de la gran región, los vientos alisios son más intensos y la saliente hacia el mar generar un efecto de difluencia en los vientos, los cuales se debilitan al incursionar más hacia la parte continental y en la región Las Minas –Tatatila. Los vientos sobre la parte sur de esta saliente, adquieren componente del norte.

I.4.3.**Huracanes**

La región tropical año con año es impactada por el paso de sistemas ciclónicos tropicales (CT) generados en el océano Atlántico tropical durante los meses de junio a noviembre, y por las condiciones atmosféricas o trayectorias asociadas a los sistemas generados en la región del Istmo de Tehuantepec principalmente, como por ejemplo las trayectorias de los CT de 1902 y 1923.

Jáuregui *et al*., (1995) documentan las trayectorias y precipitaciones pluviales provocadas por los huracanes (H) y las tormentas tropicales (TT) que afectaron al estado de Veracruz en el periodo 1961 – 1990, encontrando que en general “las tormentas tropicales y ciclones que afectan al sur del Golfo de México,

son ciclones con poco desarrollado que al cruzar la península de Yucatán se debilitan y pueden o no intensificarse al aproximarse a costas veracruzanas y aterrizar como ciclones en etapa de disipación.

Menciona que el periodo de mayor incidencia de los sistemas ciclónicos se presenta entre junio y noviembre y que durante este tiempo, pueden ocurrir inundaciones considerables en el territorio veracruzano aun cuando los sistemas no alcancen un buen desarrollo, y que las trayectorias de las TT que han llegado a afectar al territorio veracruzano tienen su origen en la sonda de Campeche y el Golfo de México, las originadas en el Atlántico y Mar Caribe son las más intensas que llegan a su costa; y que los años con Niño (moderado o fuerte) son años de poca actividad ciclónica en el Golfo de México y en todo el Atlántico tropical.

En la figura 15 se muestran las trayectorias ciclónicas que han ingresado a la región y/o pasado cerca de los municipios de Tatatila y Las Minas durante el periodo 1850-1911.

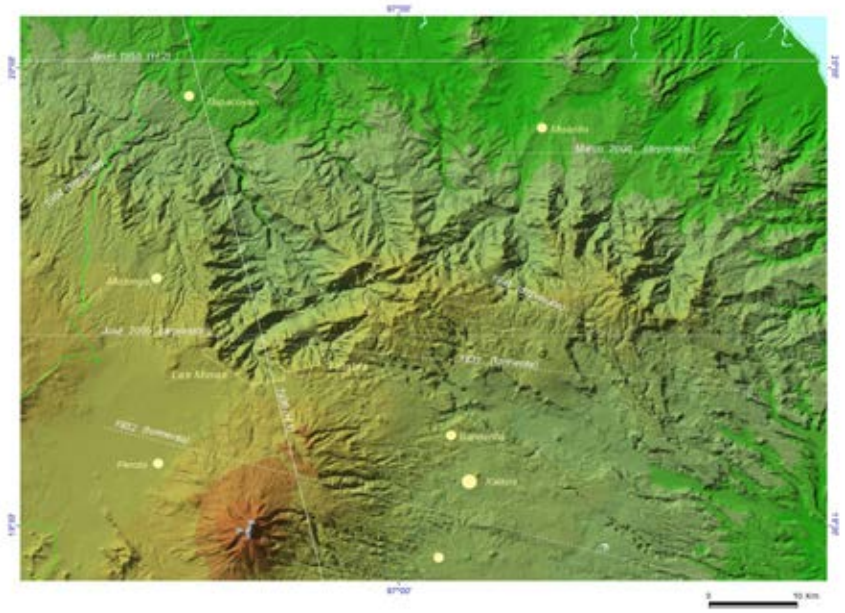


Figura 15. Trayectorias de sistemas ciclónicos tropicales que incursionaron en la región de estudio durante el periodo 1851-2011

Las trayectorias que ingresaron al estado de Veracruz y que además lo hicieron cerca o dentro de los municipios de Las Minas o Tatatila fueron:

- El huracán de 1936 correspondiente al sistema tropical No. 10 de la temporada, el cual se formó al oeste del mar Caribe el día 28 de agosto. Impacta al estado de Veracruz el día 30 e ingresa a tierra a la altura de Tecolutla.
- El huracán Florence de 1954. Se forma el 11 de septiembre en el Golfo de México y el día 12 ingresa a tierra por Nautla y llega hasta Martínez de la Torre y Tlapacoyan.
- El Huracán Janet de 1955. Tocó tierra entre Nautla y el Puerto de Veracruz con intensidad de categoría 5 después de causar daños a la Península de Yucatán.
- La tormenta tropical de 1931. Se forma frente al Arco de Antillas Menores y cruza por la península de Yucatán. El 18 de agosto ingresa a tierra por La Mancha, municipio de Alto Lucero.
- La tormenta tropical de 1932. Séptimo sistema ciclónico de esa temporada, el cual se forma en el Arco de las Antillas Menores y llega a impactar en la zona centro del estado de Veracruz el 3 de octubre.
- La depresión tropical de 1941. Se forma el 23 de septiembre al sureste del Arco de las Antillas Menores, el 30 de septiembre ingresa a la región centro-norte del estado de Veracruz.
- La tormenta tropical José de 2005. Tercer sistema ciclónico de la temporada. Se forma al suroeste del Golfo de México e ingresa a tierra por la costa central del estado de Veracruz.
- La tormenta tropical Marco de 2008. Se origina al suroeste del Golfo de México e impacta la zona central del estado de Veracruz, dejando lluvias de 100 a 150 mm en la región.

La descripción de los sistemas ha sido tomada de Díaz, A. y Rivera D, (2010).

I.5. **Elementos climáticos**

En este apartado se proporcionan los mapas climáticos de temperatura (máxima y mínima) y precipitación, los cuales permiten la contextualización espacio – temporal de las áreas con valores más altos o más bajos de las variables climáticas. Ver carpeta 5 para su consulta.

I.5.1.**Temperatura**

Se describe el comportamiento espacio-temporal de las temperaturas en la región de estudio, con el fin de identificar las regiones donde se ubican los valores altos y bajos de las temperaturas máxima y mínima, los cuales servirán de referencia para comparar y analizar las proyecciones de los modelos de circulación general ante condiciones de cambio climático.

I.5.1.1. **Temperatura mínima**

En la figura 16 se observa que en el municipio de Las Minas durante la primavera la temperatura va de 14ºC, en la parte más baja del municipio, a 10ºC en la parte más alta; mientras que para el municipio de Tatatila la temperatura va de 14ºC, en la parte más baja del municipio, a 8 ºC en la parte alta. Para el verano en Las Minas la temperatura va de 14.5ºC en la parte más baja a 11 ºC en la parte alta y en Tatatila de 15°C en la parte baja a 9°C en la parte alta. Para el otoño en Las Minas la temperatura va de 12.5 ºC en la parte baja del municipio a 9ºC en la parte alta, en Tatatila la temperatura va de 13.5ºC en la parte baja a 7ºC en la parte alta. Durante el invierno se registran temperatura de 9.5 en la parte alta a 6 ºC en la parte baja de Las Minas y en Tatatila de 9.5°Cen la parte baja a 5ºC en la parte alta.

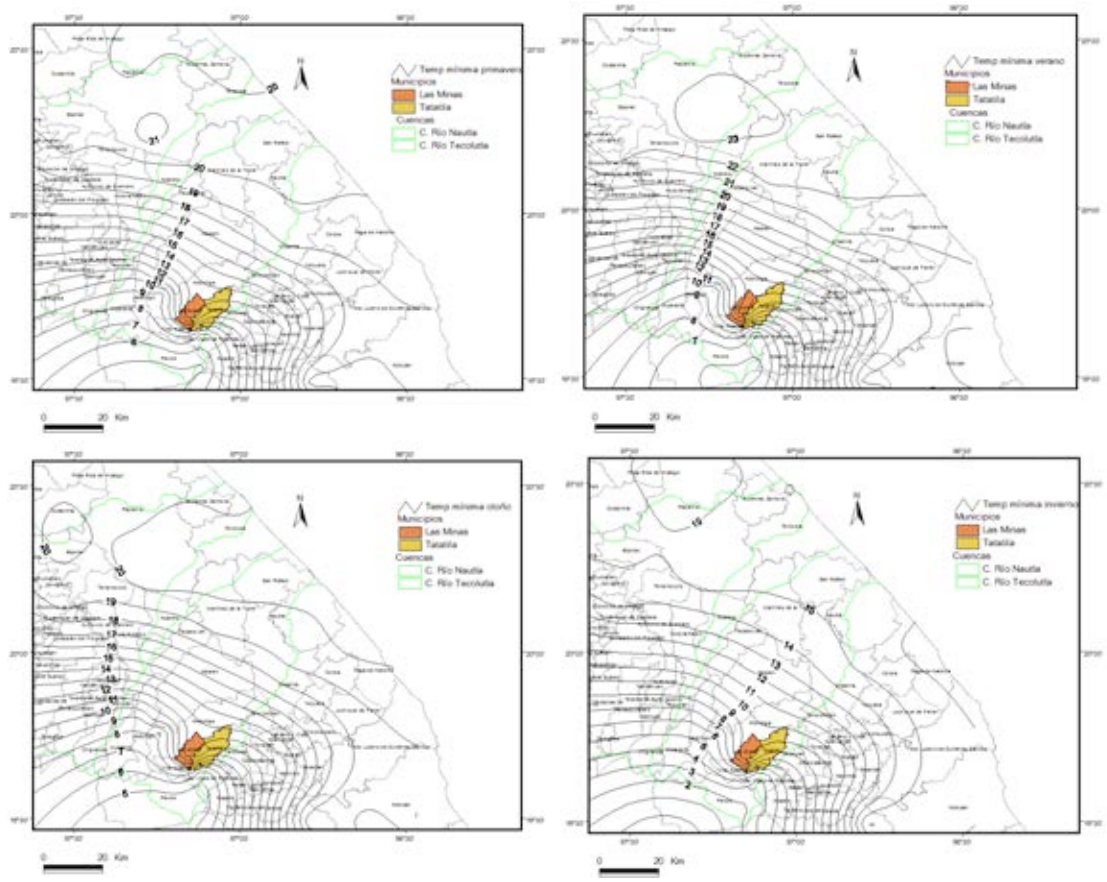


Figura 16 .Mapas de temperatura mínima para el periodo 1950 – 2000. a) primavera, b) verano, c) otoño y d) invierno

I.5.1.2. **Temperatura máxima**

En la figura 17 se muestran los mapas de temperatura máxima en ellos se observa que en el municipio de Las Minas durante la primavera la temperatura máxima va de 24.5ºC, en la parte más baja del municipio, a 22ºC en la parte más alta; mientras que para el municipio de Tatatila la temperatura máxima va de 25.5ºC, en la parte más baja del municipio, a 22ºC en la parte alta. Para el verano en las Minas la temperatura es de 24.5ºC en la parte más baja del municipio y 22ºC en la parte alta; para Tatatila la temperatura va de 25ºC en la parte más baja del municipio y 20ºC en la parte alta. Para el otoño en Las Minas la temperatura va de 21.5ºC en la parte baja del municipio a 19ºC en la parte alta, en Tatatila la temperatura va de 22.5ºC en la parte baja a 18ºC en la parte alta. Durante el

invierno se registran temperatura de 19ºC en la parte baja y 18ºC en la parte alta de Las Minas; para Tatatila 20ºC en la parte baja y 17ºC en la parte alta.

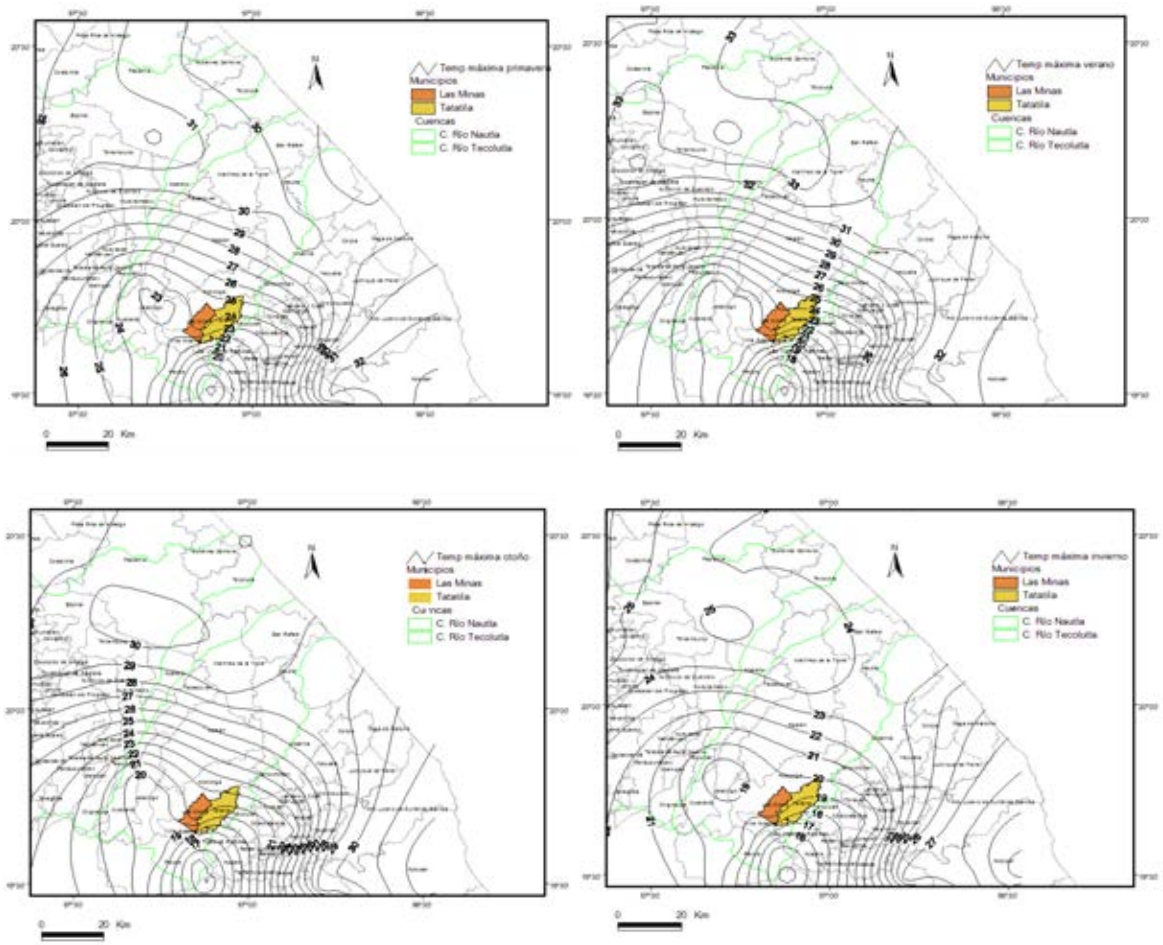


Figura 17 .Mapas de temperatura máxima para el periodo 1950 – 2000. a) primavera, b) verano, c) otoño y d) invierno

I.5.2.**Precipitación**

En este apartado se describe el comportamiento espacio-temporal de la precipitación en la región de estudio, con el fin de identificar las regiones donde se ubican los valores altos y bajos de esta variable atmosférica y su distribución.

A partir de la climatología de cada uno de los sitios considerados en la región de estudio, se observa en la figura 18 que, en cuanto a los patrones estacionales de

isoyetas tanto en Las Minas como en Tatatila la mayor precipitación ocurre en otoño siendo de 250 mm/mes a 170 mm/mes en Las Minas y 200 mm/mes a 120 mm/mes en Tatatila y la menor en invierno. Para la primavera y el invierno en Las Minas la precipitación va de los 75 mm/mes en la parte baja del municipio a los 45mm/mes, mientras que Tatatila la precipitación va de los 80mm/mes a los 45mm/mes en primavera y de los 75 mm/mes en la parte baja del municipio a los 45mm/mes en invierno. En verano 180 mm/mes en la parte baja y 120 mm/mes en la parte alta de Las Minas y en Tatatila200 mm/mes en la parte baja y 120 mm/mes en la parte alta.

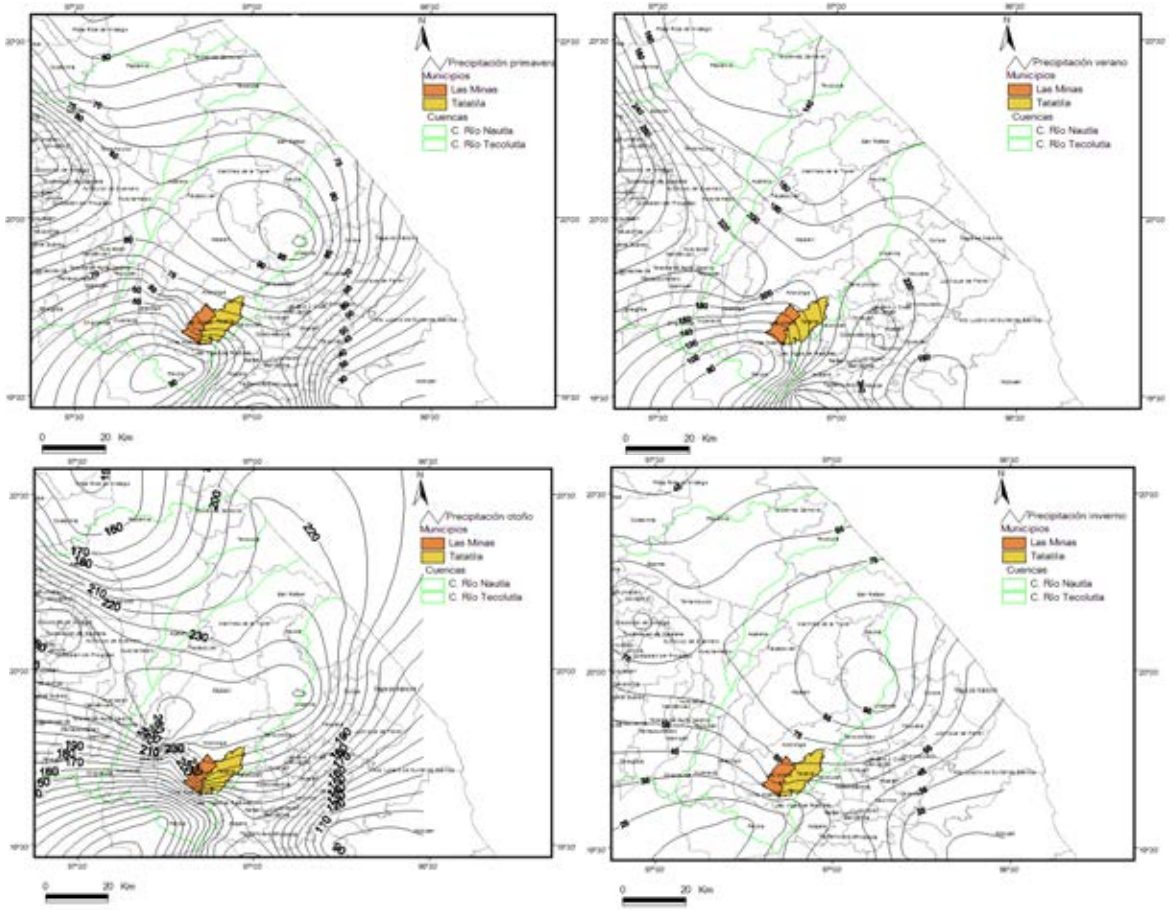


Figura 18. Mapas de precipitación promedio (mm/mes), en el periodo 1950-2000. a) primavera, b) verano, c)otroño y d) invierno.

I.6. **Tendencias y eventos externos**

La probabilidad de que el clima este cambiando tanto en su comportamiento medio como extremo por efecto del forzamiento antrópico asociado al incremento de gases de efecto invernadero, sigue siendo un tema de interés entre los investigadores.

Como lo menciona Vázquez (2010), la atribución del cambio climático puede resultar clara tanto para la escala global como para la escala continental, sin embargo para la regional o local la atribución “se vuelve más compleja, por lo que resulta prácticamente imposible determinar si una tormenta o un fenómeno ha ocurrido a causa del cambio climático”.

Señala que “se tiene conocimiento de cambios del clima asociados a sistemas de interacción océano-atmósfera, como en el caso de la variabilidad climática asociada al fenómeno de El Niño-Oscilación del Sur (ENSO), o de las variaciones en períodos de décadas tales como las asociadas a la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO) y a la Oscilación Multi-decadal del Atlántico (AMO)”.

En este trabajo con el fin de identificar fechas o eventos que en el pasado han tenido impacto sobre la región de estudio, se analizó la tendencia de los datos registrados en determinado periodo de años; así como los datos que se encuentran por arriba o por debajo del valor medio de la serie (anomalías) mediante herramientas estadísticas utilizadas en la identificación de algún cambio relevante en los valores de las variables climáticas.

Los expertos en el tema recomiendan además utilizar observaciones en la escala temporal diaria en la tarea de detección de cambios en los extremos meteorológicos, debiendo tener en cuenta que este tipo de eventos (extremos) ocurren en periodos de pocos día y en la mayoría de los casos se encuentran relacionados con sistemas atmosféricos de escala sinóptica o regional.

Aunque no existe una definición única para los eventos extremos, Vázquez los identifica como aquellos eventos que en la serie de registro diario, tienen una baja probabilidad de ocurrencia y cuyo valor excede un umbral especificado; y a manera de ejemplo hace mención del criterio de Nicholls y Murray (1999) para la identificación de extremos de precipitación calculados a partir de datos diarios:

a) La frecuencia de días que exceden los percentiles 90, 95 y 99, calculando los percentiles únicamente con los días con lluvia;

b) el „índice simple de intensidad de lluvia" calculado dividiendo la lluvia total por el número de días con lluvia y

c) el porcentaje de la lluvia en un periodo (año, estación, etc.) que ocurre en los días con lluvia por arriba de los percentiles 90, 95 y 99.

I.6.1. **Datos que exceden el umbral respecto al valor medio del período 1950-2011**

Para los fines de identificar posibles fechas de ocurrencia de eventos extremos, considerando que los datos de temperatura media presentan una distribución normal en climas tropicales, y que en el caso de las temperatura máxima y mínima su diferencia radica en que presentan una distribución asimétrica, se considera el criterio propuesto por López y Conde (2010) para identificar eventos extremos en las temperaturas: “el evento que se encuentra por encima del 90o. percentil o por debajo del 10o. de una función de probabilidad observada”. En la Cuadro 6 se proporciona un ejemplo de las fechas y valores identificados para los años 1999 y 2000 en las temperaturas mínimas y en la Cuadro 7 para las temperaturas máximas, a partir de los registros diarios de la estación de Las Minas. Los frentes fríos pueden ser considerados como amenazas climáticas para estos municipios en estudio, ya que antes de su paso por la región, se pueden registrar

temperaturas sensiblemente altas y tras el paso de la masa de aire frío asociada las temperaturas pueden disminuir considerablemente.

Como ejemplo de caso puede citarse al FF No. 19 (enero 2011) el cual el día 6 se presentaba como un sistema débil asociado a un sistema de alta presión que podía afectar tras su paso con cielos nublados y vientos del norte moderados. Para los días 7 a 9, se reporta restablecimiento del flujo de aire marítimo tropical, recuperación de la temperatura, la cual alcanza el día 9 valores altos; como consecuencia de un evento de "Surada" en el observatorio de Orizaba alcanzaron rachas de 78 Km/h."

Las oscilaciones térmicas asociadas a estos sistemas atmosféricos pueden llegar a impactar tanto en las condiciones de salud de los habitantes, la infraestructura habitacional y los cultivos. En este evento, el día 7 se registró en Perote una temperatura máxima de 25°C y una temperatura mínima de 2°C (oscilación térmica de 23°C en 24 horas), y en Jalacingo 22°C y 1°C. Las condiciones reportadas sobre el viento mencionaban "viento del este y sureste de 25 a 35 km/h, rolando al sur mañana", por lo que se tendría el efecto de una surada.

Cuadro 6. Ejemplo de casos de temperaturas mínimas. Estación Las Minas

Percentil 0-1		**Percentil 9-10**			
03/01/1999	15	21/01/1999	28	05/05/1999	34
04/01/1999	10.5	29/01/1999	28	06/05/1999	31.5
05/01/1999	13.5	05/03/1999	29	07/05/1999	31
10/01/1999	12	08/03/1999	29.5	08/05/1999	28
14/01/1999	15	09/03/1999	29	09/05/1999	29
23/01/1999	15	12/03/1999	28.5	10/05/1999	30
31/01/1999	13	13/03/1999	30.5	11/05/1999	32
12/02/1999	7	26/03/1999	29	12/05/1999	30
13/02/1999	10	27/03/1999	31	13/05/1999	28
14/02/1999	13	01/04/1999	28.5	15/05/1999	29

14/03/1999	13.5	02/04/1999	31	16/05/1999	28.5
16/04/1999	14.5	03/04/1999	32	17/05/1999	29
17/04/1999	14.5	04/04/1999	31	26/05/1999	30
18/04/1999	13	05/04/1999	31.5	30/05/1999	28
19/10/1999	14	06/04/1999	34	31/05/1999	28
20/10/1999	11	09/04/1999	28	01/06/1999	28.5
03/11/1999	13	10/04/1999	33	11/02/2000	28
26/11/1999	15	12/04/1999	28.5	13/02/2000	28.5
05/12/1999	12	13/04/1999	28	14/02/2000	31
06/12/1999	14.5	14/04/1999	33	26/02/2000	28.5
16/12/1999	10.5	21/04/1999	30	08/03/2000	29
23/12/1999	13	22/04/1999	31.5	21/03/2000	28
24/12/1999	12.5	23/04/1999	31.5	22/03/2000	29.5
25/12/1999	12	24/04/1999	28	27/03/2000	30.5
26/12/1999	12.5	26/04/1999	29	28/03/2000	30
28/12/1999	14	27/04/1999	29	29/03/2000	33.5
04/01/2000	12	29/04/1999	30	30/03/2000	33
14/01/2000	13.5	30/04/1999	29	31/03/2000	28.5
15/01/2000	13	01/05/1999	28	16/06/2000	28
16/01/2000	15	02/05/1999	29.5	16/07/2000	28
17/01/2000	15	03/05/1999	32	29/07/2000	28.5
03/02/2000	11	04/05/1999	36	16/08/2000	28
				23/09/2000	28

Cuadro 7. Ejemplo de casos de temperaturas máximas. Estación Las Minas

Percentil 0-1		**Percentil 9-10**			
03/01/1999	15	21/01/1999	28	05/05/1999	34
04/01/1999	10.5	29/01/1999	28	06/05/1999	31.5
05/01/1999	13.5	05/03/1999	29	07/05/1999	31
10/01/1999	12	08/03/1999	29.5	08/05/1999	28
14/01/1999	15	09/03/1999	29	09/05/1999	29
23/01/1999	15	12/03/1999	28.5	10/05/1999	30
31/01/1999	13	13/03/1999	30.5	11/05/1999	32
12/02/1999	7	26/03/1999	29	12/05/1999	30
13/02/1999	10	27/03/1999	31	13/05/1999	28
14/02/1999	13	01/04/1999	28.5	15/05/1999	29
14/03/1999	13.5	02/04/1999	31	16/05/1999	28.5
16/04/1999	14.5	03/04/1999	32	17/05/1999	29
17/04/1999	14.5	04/04/1999	31	26/05/1999	30

18/04/1999	13	05/04/1999	31.5	30/05/1999	28
19/10/1999	14	06/04/1999	34	31/05/1999	28
20/10/1999	11	09/04/1999	28	01/06/1999	28.5
03/11/1999	13	10/04/1999	33	11/02/2000	28
26/11/1999	15	12/04/1999	28.5	13/02/2000	28.5
05/12/1999	12	13/04/1999	28	14/02/2000	31
06/12/1999	14.5	14/04/1999	33	26/02/2000	28.5
16/12/1999	10.5	21/04/1999	30	08/03/2000	29
23/12/1999	13	22/04/1999	31.5	21/03/2000	28
24/12/1999	12.5	23/04/1999	31.5	22/03/2000	29.5
25/12/1999	12	24/04/1999	28	27/03/2000	30.5
26/12/1999	12.5	26/04/1999	29	28/03/2000	30
28/12/1999	14	27/04/1999	29	29/03/2000	33.5
04/01/2000	12	29/04/1999	30	30/03/2000	33
14/01/2000	13.5	30/04/1999	29	31/03/2000	28.5
15/01/2000	13	01/05/1999	28	16/06/2000	28
16/01/2000	15	02/05/1999	29.5	16/07/2000	28
17/01/2000	15	03/05/1999	32	29/07/2000	28.5
03/02/2000	11	04/05/1999	36	16/08/2000	28
				23/09/2000	28

Para el caso de identificación de fechas en que pudieron ocurrir eventos de precipitaciones extremas, para cada estación climatológica se realizó el análisis de los percentiles a partir de considerar que:

La precipitación diaria (y horaria) no tiene una distribución normal y que usualmente se emplea una distribución de extremos (GAMMA) para ajustar las distribuciones de lluvias diarias, y que las precipitaciones acumuladas mensuales tienen en general una distribución normal en la región tropical, parte de la metodología se basó en la ordenación de los datos de menor a mayor, la aplicación del criterio de una distribución normal (un comportamiento Gaussiano) y la distribución en percentiles.

Del percentil 0.1 (0-1) y el percentil 0.9 (9-10) se extrajeron los datos de interés bajo la consideración de que estas "muestras" contienen los datos o

valores extremos, que representan las posibles situaciones de riesgo para este estudio.

Como esta variable es aleatoria, se sujetó a un análisis y reordenamiento de los datos bajo una distribución normal, dando como resultado una acumulación de éstos a la izquierda en la Campana de Gauss, por lo que para identificar los datos extremos, el percentil .9 (9-10), se volvió a "normalizar"; por lo que se procedió a obtener un nuevo percentil 9-10, el cual muestra los datos más extremos.

Los percentiles extremos, (0-1) y (9-10) se colocaron en orden cronológico, con el fin de identificar los eventos extremos más actuales. Ver carpeta 2 para consulta de fechas y valores de precipitación (mm) de los eventos identificados.

En la Cuadro 8 se proporciona una muestra de los resultados así obtenidos para la estación de Las Minas durante el periodo 1990-2000. Los datos en negritas se relacionan con los eventos de trayectorias ciclónicas que aparecen en la Cuadro 9 siguiente.

Cuadro 8. Eventos de precipitación (mm/24 hrs). Estación Las Minas

Percentil 9-10 orden cronológico			
03/05/1990	85.3	23/04/1996	64.1
04/05/1990	83.2	28/09/1996	68.9
09/10/1990	72.3	02/11/1996	131.5
29/11/1990	64.3	30/09/1997	64.3
03/01/1991	57.8	13/10/1997	116.7
26/06/1991	58.9	24/09/1998	55.8
20/09/1991	67.5	22/10/1998	88.5
25/09/1991	70.3	23/10/1998	83.7
10/10/1991	111.3	21/11/1998	126.2
08/11/1991	77.9	22/06/1999	87.5

23/11/1991	74.8	23/06/1999	82.5
09/08/1992	129.1	12/07/1999	56.5
27/09/1992	105.4	09/09/1999	57.1
28/09/1992	130	13/09/1999	130.5
17/10/1992	62.6	29/09/1999	57.7
19/09/1993	**58**	30/09/1999	60.2
27/09/1993	86.3	**04/10/1999**	**366.8**
30/09/1993	94.5	**05/10/1999**	**262.7**
16/04/1994	71.9	08/08/2000	95.6
22/09/1995	78.1	25/09/2000	150.9
15/10/1995	**90**		
20/10/1995	**271.2**		

Del análisis de registros diarios de precipitación de las estaciones climatológicas de Las Minas (30089) y Las Vigas de Ramírez (30211) y de los percentiles 9-10 asociados a anomalías positivas que pueden ser relacionados con sucesos de eventos extremos, se encuentran la siguiente relación entre los valores de estas anomalías y las fechas de eventos de sistemas ciclónicos de la cuenca del Atlántico tropical que han incursionado a la parte norte del territorio veracruzano o a la región de estudio durante el periodo 1949-2000. Estas trayectorias tiene como origen la zona del Golfo de México, el mar Caribe o una región del arco de las Antillas Menores y por las precipitaciones acumuladas a través de varios días, pueden considerarse como amenazas climáticas para los municipios de las Minas y Tatatila, Veracruz; sobre todo cuando éstos llegan a interaccionar con un frente frío como sucedió en el evento de 1999.

En el 2000 las precipitaciones que se presentaron el 25 de septiembre propiciaron que el Gobierno del estado de Veracruz solicitara la Declaratoria de Emergencia por desastre natural por lluvias atípicas que llegaron a afectar a Las Minas entre otros sitios más, y por las inundaciones que se presentaron del 26 al 10 de octubre. El boletín Hidrometeorlógico No. 637 mencionaba la presencia de una onda tropical cercana a las costas de la Península de Yucatán, el huracán Isaac (a casi 430 km al este de la península), el frente frío No. 3, un sistema de alta presión y aire frío asociado. Las tres últimas condiciones darían lugar a

precipitaciones localmente intensas, sobre todo en las regiones montañosas del estado de Veracruz, y viento fuerte del norte en la zona de costa[4].

Cuadro 9. Sistemas ciclónicos tropicales ocurridos dentro de algunos de las fechas identificadas dentro del percentil 9-10 de registros de precipitación.

Año	Sistema ciclónico tropical	Descripción
1949	H2 (20 a 23 septiembre)	Se origina N de Golfo de México alcanzando categoría 2 frente a la Laguna de Tamiahua y como H1 ingresa en lo que hoy es Boca del Río. En Las Minas durante los días del 20 al 28 de septiembre se acumularon 690 mm. Los días con mayor precipitación acumulada en 24 hrs, fueron: el **25 con 240mm**, el 27 con 127.5 mm y el 28 con 165 mm. En las Vigas de Ramírez los días 20 al 28 de septiembre se acumularon 488.5 mm. Los días con mayor precipitación acumulada en 24 hrs, fueron: el 24 con 80 mmm, el **25 con 189** mm, el 27 con 100 y el 28 con 66.5 mm.
1950	H2 Item (8 a 10 de octubre)	Se forma en la zona de de Campeche y como H2 impacta entre Alvarado y Boca del Río. En Las Minas durante los días del 8 al 12 de octubre se acumularon 400.6 mm. Los días con mayor precipitación acumulada en 24 hrs, fueron: el 9 con 60.5 mm, el **10 con 242 mm** y el 12 con 57.8 mm. En las Vigas de Ramírez los días 20 al 28 de septiembre se acumularon 349 mm. Los días con mayor precipitación acumulada en 24 hrs, fueron: el 9 con 98.5 mm y el **10 con 198.5 mm**.
1951	TT[5]George (20 a 21 de septiembre)	Durante los días en los que el sistema se comportó como TT no se registraron precipitaciones en las estaciones de Las Minas y Las Vigas de Ramírez; sin embargo los días previos en las Minas se registraron 72.5 mm el día 16 y 133.7 mm el día 17. En Las Vigas de Ramírez de 57.5 mm el día 16 y 137 mm el día 17. Este caso en particular puede ser considerado como un ejemplo de los acumulados de precipitación en 24 hrs que pueden estar asociados al paso de ondas tropicales y/o perturbaciones en etapa inicial

[4] http://www.dof.gob.mx/index.php?year=2000&day=26

[5] H= Huracán, TT=Tormenta Tropical, CT=Ciclón Tropical, OT=Onda Tropical

		de desarrollo, para el caso de la región de estudio.
1952	TT Charly (12 a 23 de gosto)	Se forma en la cuenca del Atlántico norte. El día 22 impacta la costa norte del estado de Veracruz. En Las Minas durante los días del 12 al 23 de agosto se acumularon 215 mm. Los días con mayor precipitación acumulada en 24 hrs, fueron: el 16 con 72.5 mm y el **17 con 133.7mm**. En las Vigas de Ramírez en los días 12 al 23 se acumularon 105 mm. Los días con mayor precipitación acumulada en 24 hrs, fueron: el 16 con 12.5 mm y el 17 **con 26.5mm**.
1954	TTFlorence (11 a 12 de septiembre)	Se forma en el Golfo de México. El día 12 impacta Nautla y llega hasta Martínez de la Torre y Tlapacoyan. En Las Minas durante los días del 5 al 15 de septiembre se acumularon 342.9 mm. El día 11 se registró la mayor precipitación acumulada en 24 hrs (**113.5 mm**). En las Vigas de Ramírez los días 7 al 14se acumularon 330.5 mm. Los días con mayor precipitación acumulada en 24 hrs, fueron: el 11 con **134.5 mm** y el 10con 82.5 mm.
1955	H Gladys (4 a 6 septiembre)	Toca tierra sobre Laguna de Tamiahua. Desborda el R. Pánuco e inunda la huasteca. En Las Minas durante los días del 1 al 4 de septiembre se acumularon 226.5 mm. Los días con mayor precipitación acumulada en 24 hrs, fueron: el 01 con 72 mm y el 2 con **109.5mm**. En las Vigas de Ramírez los días 1 al 4 se acumularon 273.5 mm. Los días con mayor precipitación acumulada en 24 hrs, fueron: el 1 con 94 mm y el 2 **con 77.5mm**.
1955	Major Huracán Hilda (H3 del 10 al 20 de septiembre)	Se genera sobre Arco de Antillas Menores, atraviesa Cuba y el día 16 pasa la Península de Yucatán como H3. El 19 impacta en el estado de Veracruz a la altura de Emilio Carranza. Causó daños en todo el estado. En Las Minas durante los días del 10 al 20 de septiembre se acumularon 73.7 mm. En las Vigas de Ramírez 63.5 mm.
1955	H Janet (H5 21 a 30 septiembre)	Tocó tierra entre Nautla y el Puerto de Veracruz con intensidad de categoría 5, después de causar daños a la Península de Yucatán, principalmente en Chetumal y Quintana Roo. Los sistemas Gladys, Hilda y Janet dejan muchas lluvias en Veracruz. En Las Minas durante los días del 21 a 30 de septiembre se acumularon 629.1 mm. El día 28 se

		registró la mayor precipitación acumulada en 24 hrs (**305 mm**) y el día 29 264.3 mm. En las Vigas de Ramírez los días 21 a 30 se acumularon 176 mm. El día con mayor precipitación acumulada en 24 hrs fue el día 28 con 98.5 mm.
1956	OT o Mayor Huracán Greta (H4 30 octubre a 7 noviembre)	Podría estar asociado con la precipitación registrada en Las Vigas de 107.3 mm en 24 hrs.
1959	TT Beulah (15 a 18 de junio)	Tocó tierra en norte de Veracruz. Del 6 al 25 de junio (20 días), se acumularon 260.2 mm en Las Minas. En las Las Vigas de Ramírez 196.0 mm. Ejemplo de impacto de un CT en la zona.
1960	Habby (10 a 16 de julio)	Se formó al SE del Arco de Antillas Menores ingresó al sur de estado de Veracruz y después se debilitó. Las Minas 74.2 mm en 24 hrs el día 16 julio 1960 y en Las Vigas de Ramírez 76.5 mm en 24 hrs. Acumulados del 10 al 16: 92.1 mm en Las Minas y 108 mm en Las Vigas de Ramírez.
1966	TT Hallie (20 a 22 septiembre)	Se formó en el parte w del Golfo de México e ingresó al n del Edo. deVeracruz. Las Minas 131.5 mm en 24 hrs. el 20 septiembre. En Las Vigas de Ramírez el 20 septiembre 220 mm en 24 hrs.
1966	H4 Inez (21 septiembre a 11 octubre)	Se origina en el Caribe. El día 26 alcanza la categoría de H e ingresa cerca de Tampico, Tamaulipas. Provoca desbordamientos de los ríos Tamesí y Pánuco. Contingencia sobre la que se cimienta el Plan DN-III-E en Veracruz. Las Minas 45 mm en 24 hrs. el 01 de octubre. En Las Vigas de Ramírez 18.3 mm en 24 hrs el 01 de octubre.
1974	H2 Fifi (14 a 22 septiembre)	Las Minas 228 mm en 24 hrs el 20 de septiembre y en Las Vigas de Ramírez 129 mm en 24 hrs. Posibles valores asociados a la trayectoria del huracán
1980	TT Hermine (20 a 26 de septiembre)	Se forma al sur del mar Caribe provocando inundaciones en la parte sur del estado (Coatza, Tlacotalpan, Cotaxtla, etc.). En Las Minas los días 23 150 mm en 24 hrs., 24 172 mm en 24 hrs. En Las Vigas de Ramírez los días 23 150 mm en 24 hrs y día 24.
1984	TT Edouard (14 a 15 septiembre)	Se formó a 120 km de Punta Delgada impactando entre Alvarado y Boca del Río; ocasionó el desbordamiento del río Bobos entre otros daños más. Las Minas durante los días del 12 al 18 de

		septiembre se acumularon 544.5 mm registrándose las mayores acumulados en 24 hrs. los días 12 (117.5mm), 15 (114.5 mm) y 16 (159 mm). En las Vigas de Ramírez 395 mm del 12 al 18 de septiembre, los acumulados mayores en 24 hrs fueron: día 12 (98mm), 14 (82mm), 16 (79mm) y 18 (57mm). Pág102 libro inundaciones 2010.
1988	H1 Debby(31 agosto a 8 de septiembre)	Se origina frente a la costa de Campeche e impacta en la parte norte del estado de Veracruz. El 4 de septiembre se registran 153.9 mm en 24 hrs. en Las Minas. En Las Vigas de Ramírez 38mm.
1990	H2 Diana (4 a 9 de agosto de 1990).	En Las Minas los día 4 a 9 de agosto se acumularon 112.7mm y en Las Vigas de Ramírez 53 mm.
1993	H2 Gert (14 a 21 de septiembre)	Impacta al norte de Veracruz. En Las Minas durante los días 14 a 21 septiembre de 1993 se acumularon 195.7 mm y en Las Vigas de Ramírez 112 mm. Los suelos saturados por la lluvia pueden generar inundaciones y deslaves; así como afectaciones a la agricultura y ganadería
1995	H3 Roxanne (7 a 21 de octubre)	Origen sureste del mar Caribe, se mantuvo en el SW del Golfo de México durante 7 días y toca tierra en la costa central de Veracruz. El día 20 se acumularon en 24 hrs. 271.2 mm en las Minas y en las Vigas de Ramírez 267 mm del 10 al 20 de octubre de los cuales 98 mm se acumularon el día 20.
1996.	H1 Dolly (19 a 25 agosto)	Se forma al oeste del mar Caribe el 23 ingresa por Pánuco al estado de Veracruz dejando grandes daños a la agricultura y ganadería y deja un gran número de damnificados. Acumulado en Las Minas del 19 al 24 129.4 mm y en Las Vigas de Ramírez 118mm en el mismo periodo.
1999	Depresión tropical (4 a 8 de octubre)	Causó inundaciones muy fuertes en Tuxpan. El sistema interaccionó con el frente frío número 5, provocando lluvias extraordinarias (Garnica, R., 2004) Boletín del Instituto de Geografía de la UNAM. En Las Minas durante los días del 4 al 6 se acumularon 649.6 mm (el 44% de la precipitación acumulada anual del periodo 1951-2000). En Las Vigas de Ramírez 248 mm (el 22% de la precipitación acumulada anual del periodo 1951-2000).

I.6.2.**Tendencias**

En este apartado se muestran dos metodologías seguidas para analizar las tendencias en las variables climáticas consideradas. La primera consistió en la obtención de la ecuación de la tendencia con el paquete estadístico XLSTAT, con el fin de determinar si existe un incremento o decremento en las series de tiempo de período completo y período Decadal. Ver carpeta 4.

Para ello se utilizó el índice de Mann Kendall (Nasrallah *et al*., 1990), el cual está incluido en dicha paquetería y que, a partir de los parámetros alfa y p, establece dos criterios:

H0: No existe una tendencia en la serie

Ha: Hay una tendencia en la serie

En la que ésta última, con el signo que se da en el valor, se puede establecer si corresponde a un aumento o disminución en los valores de la variable a través del tiempo. Cabe mencionar que las bases de datos originales fueron sometidas a pruebas de homogeneidad con el software RClimdex con la prueba RHtestsV3.r, con el fin de evitar alterar la tendencia natural de las series. En las Cuadros 8 a 10 se proporcionan los resultados el análisis de las tendencias por década de las temperaturas y precipitación para las estaciones de Las Minas, Los Pescados y Las Vigas de Ramírez. En las Cuadros la nomenclatura S/D significa “sin dato” y las altitudes son las correspondientes a las estaciones climatológicas.

De los datos contenidos en la Cuadro 8, se encuentra que durante las décadas 1971-1980 y 1981- 1990 las temperaturas mínimas en las estaciones de Las Minas y Las Vigas de Ramírez muestran una tendencia hacia el decremento, caso contrario en la estación de Los Pescados.

Para la década 2001 – 2010 la tendencia es hacia el incremento en las estaciones de Las Vigas de Ramírez y Los Pescados, para las Minas no se cuenta con registro de datos para su análisis.

De los datos contenidos en la Cuadro 10, se encuentra que las temperaturas máximas en las estaciones Las Minas y Los Pescados registran una tendencia hacia el decremento en la década 1951-1960 y hacia el incremento en la década 1971-1980.

En la estación de las Vigas de Ramírez en la década 2001-2010 la tendencia es hacia el incremento de las temperaturas máximas.

Se tiene que en la décadas 1951-1960 y 1971-1980 la tendencia en la precipitación es hacia el incremento y hacia el decremento en las décadas 1981-1990 y 1991-2000.

En el caso de la estación de las Vigas de Ramírez para la década 2001-2010 la tendencia en la precipitación es hacia el decremento de manera muy similar a las décadas 1971-1980 y 1981-1990.

Cuadro 10. Tendencias por década de las temperaturas mínimas.

Estación	**Las Minas**		**Estación**	**Los Pescados**		**Estación**	**Las Vigas de R.**	
Décadas	Índide Mann Kendall τ	Tendencia	Décadas	Índice Mann Kendall τ	Tendencia	Décadas	Índice Mann Kendall τ	Tendencia
NA	NA	NA	NA	NA	NA	1922-1930		Sin tendencia
NA	NA	NA	NA	NA	NA	1931-1940	-0.039	Decremento
NA	NA	NA	NA	NA	NA	1941-1950	-0.042	Decremento
1951-1960		Sin tendencia	S/D	S/D	S/D	1951-1960	0.152	Incremento
1961-1970		Sin tendencia	S/D	S/D	S/D	1961-1970	0.032	Incremento
1971-1980	-0.031	Decremento	S/D	S/D	S/D	1971-1980	-0.094	Decremento
1981-1990	-0.036	Decremento	1981-1990	0.119	Incremento	1981-1990	-0.106	Decremento
1991-2000	0.013	Incremento	1991-2000	-0.061	Decremento	1991-2000	-0.121	Decremento
S/D	S/D	S/D	2001-2010	0.034	Incremento	2001-2010	0.277	Incremento

Cuadro 11. Tendencias por década de las temperaturas máximas

Estación	Las Minas		Estación	Los Pescados		Estación	Las Vigas de R.	
Décadas	Índice Mann Kendall τ	Tendencia	Décadas	Índice Mann Kendall τ	Tendencia	Décadas	Índice Mann Kendall τ	Tendencia
NA	NA	NA	NA	NA	NA	1922-1930		Sin tendencia
NA	NA	NA	NA	NA	NA	1931-1940	0.033	Incremento
NA	NA	NA	NA	NA	NA	1941-1950	0.109	Incremento
1951-1960	-0.075	Decremento	S/D	S/D	S/D	1951-1960	-0.105	Decremento
1961-1970	-0.063	Decremento	S/D	S/D	S/D	1961-1970	0.004	Incremento
1971-1980	0.002	Incremento	S/D	S/D	S/D	1971-1980	0.139	Incremento
1981-1990	-0.076	Decremento	1981-1990	-0.053	Decremento	1981-1990		Sin tendencia
1991-2000	0.052	Incremento	1991-2000		Sin tendencia	1991-2000		Sin tendencia
S/D	S/D	S/D	2001-2010	-0.042	Decremento	2001-2010	0.051	Incremento

Cuadro 12. Tendencias por década de la precipitación.

Estación	Las Minas		Estación	Los Pescados		Estación	Las Vigas de R.	
Décadas	Índice Mann Kendall τ	Tendencia	Décadas	Índice Mann Kendall τ	Tendencia	Décadas	Índice Mann Kendall τ	Tendencia
NA	NA	NA	NA	NA	NA	1922-1930	-0.044	Decremento
NA	NA	NA	NA	NA	NA	1931-1940		Sin tendencia
NA	NA	NA	NA	NA	NA	1941-1950	0.012	Incremento
1951-1960	0.053	Incremento	S/D	S/D	S/D	1951-1960		Sin tendencia
1961-1970		Sin tendencia	1964-1970	0.045	Incremento	1961-1970	0.064	Incremento
1971-1980	0.066	Incremento	1971-1980	0.025	Incremento	1971-1980	-0.04	Decremento
1981-1990	-0.009	Decremento	1981-1990		Sin tendencia	1981-1990	-0.031	Decremento
1991-2000	-0.029	Decremento	1991-2000		Sin tendencia	1991-2000	0.031	Incremento
S/D	S/D	S/D	2001-2010	0.035	Incremento	2001-2010	-0.039	Decremento

I.7. **Proyecciones de Cambio Climático para los municipios Las Minas y Tatatila, Veracruz**

Para generar las proyecciones de cambio climático se utilizó la base de datos mensual generada por Cavazos, *et al.* (2013), la cual es un ensamble ponderado (método REA) de 14 Modelos de Circulación General (MCG, Cuadro 13) del proyecto de intercomparación de modelos acoplados fase 5 (CMIP5, por sus siglas en inglés). Como se observa en la Cuadro 11, todos los modelos tienen resolución espacial diferente de 1.1° (MRI) hasta 3.8° (IPSL), por lo cual se interpoló bilinealmente a la malla de la base de datos CRUTS3.1 (0.5°*0.5°). Una vez homogeneizados los MCG se les dio peso a cada uno mediante el método REA (Giorgi y Mearns, 2001), para mayor información ver anexo II.

El REA se calculó para las anomalías de precipitación, temperatura máxima, mínima y media para dos periodos futuros: futuro cercano (2015-2039) y futuro lejano (2075-2099) y bajo tres escenarios de radiación RCP4.5, RCP6.0 y RCP8.5. También se calculó un ensamble ponderado de las simulaciones históricas (1961-2000), las cuales solo se emplean para calcular el porcentaje de cambio de la precipitación.

A pesar de que los MCG han ido mejorando con el paso del tiempo, la simulación de la precipitación sigue siendo un gran reto para éstos. Por tal motivo se recomienda que en lugar de utilizar las proyecciones de cambio, se calcule el porcentaje de cambio. El porcentaje de cambio de precipitación se calcula con el REA del periodo histórico y el de las anomalías de proyecciones futuras (ec. 1). Para calcular la proyección total se aplica este porcentaje de cambio se aplica a los datos observados (ec. 2).

$$pcp_proy_{porc} = \frac{(proy_{cambio} * 100)}{REA_{histórico}} \qquad \text{ec. 1}$$

$$pcp_proy_{total} = OBS + \frac{(pcp_proy_{porc} * OBS)}{100} \qquad \text{ec. 2}$$

Donde $proy_{cambio}$ es el REA de las proyecciones futuras y el $REA_{histórico}$ es el corresponiente al periodo 1961-2000 ambos en mm, OBS es cualquier base de datos observada, puede ser CRU o datos de estaciones. Para el caso de las temperaturas, la proyección de cambio se suma a los datos observados (ec. 3).

$$temp_proy_{total} = OBS + proy_{cambio}$$

Cuadro 13. Modelos de circulación general acoplados utilizados del CMIP5, institución que lo genera, la resolución y las realizaciones de cada escenario consideradas.

	Modelo	Nombre	Resolución lon*lat	Miembros del Ensamble		
				hist	RCP4.5	RCP8.5
1	BCC-CSM1-1	Beijing Climate Center	2.8°*2.8°	3	1	1
2	CanESM2	Canadian Centre for Climate Modeling and Analysis	2.8°*2.8°	5	5	5
3	CNRM-CM5	Centre National de RecherchesMeteorologiques	1.4°*1.4°	10	1	5
4	CSIRO-MK3-6-0	Australian Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization	1.87°*1.87°	4	4	
5	GISS-E2-R	NASA Goddard Institute for Space Studies	2.5 * 2.0	6	5	1
6	HadGEM2-ES	Met Office Hadley	2.5°*1.9°	1	1	1
7	INM	InstituteforNumericalMathematics	2.0°*1.5°	1	1	1
8	IPSL-CM5a-lr	Institut Pierre-Simon Laplace	3.75°*1.9°	5	4	4
9	MIROC5	Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology	1.8°*1.2°	1	1	1
10	MIROC-ESM	Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology	2.8°*2.8°	1	1	1
11	MIROC-ESM-CHEM	Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology	2.8°*2.8°	1	1	
12	MPI-ESM-LR	Max-PlankInstitute	1.85°*1.85°	3	3	3
13	MRI-CGCM3	MeteorologicalResearchInstitute	1.12°*1.12°	5	1	1
14	NorESM1	NorwegianClimate Center	2.5 * 1.9	3	1	1

En el presente trabajo se consideraron los escenarios RCP4.5 RCP 6.0 y RCP8.5, bajos los dos periodos previamente mencionados. Los datos por Cavazos, *et al.* (2013) se recortaron para la gran región ubicada entre los los 19° 30’ y 20° 30’ de latitud norte y los 96° 15’ y 97° 15’ de longitud oeste. La

cartografía correspondiente a las variaciones proyectadas ante condiciones de cambio climático, se encuentran en la carpeta 6.

Las proyecciones de cambio mensual de temperatura mínima y máxima, así como las proyecciones de porcentaje de cambio de precipitación son mostradas para el periodo cercano y lejano bajo los escenarios de radiación RCP4.5, RCP6.0 y RCP8.5 en las figuras 17 a 22 siguientes.

I.8. **Futuro cercano (2015-2039)**

Temperatura máxima

La figura 19 muestra el ciclo anual de temperatura máxima (°C) para el escenario observado en el periodo 1951-2010 (T máx base) y las proyecciones para los RCP´s 4.5, RCP 6.0 y RCP 8.5 para el futuro cercano en la estación climatológica Las Minas. Se observa que las tres proyecciones coinciden en un incremento de la temperatura de alrededor de 1°C, alcanzando una temperatura máxima de 27°C en el mes de mayo. El mayor incremento en las temperaturas máximas (1.67 °C) es en abril bajo el RCP 8.5.

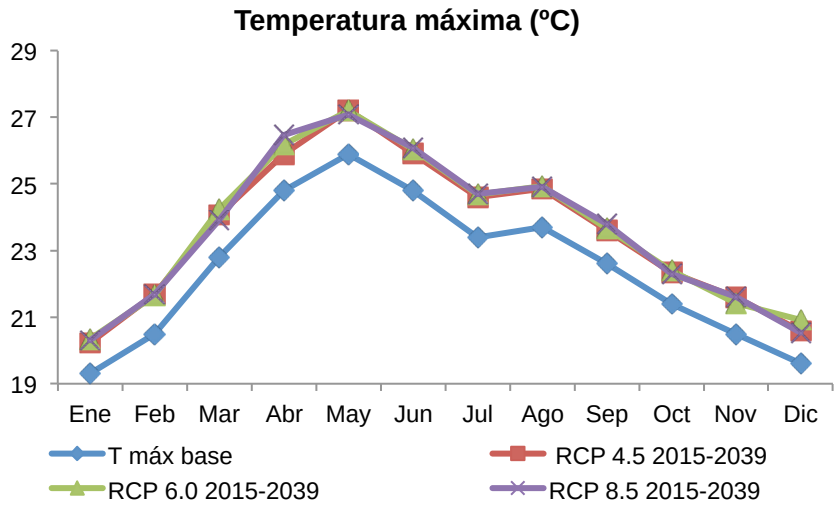


Figura 19. Ciclo anual de temperatura máximaen el escenario observado (1950-2010)bajo los RCP 4.5, RCP 6.0 y RCP 8.5 para el futuro cercano (2015-2039).

Temperatura mínima

En la figura 20 se muestra el ciclo anual de temperatura mínima (°C) para el escenario observado en el periodo 1951-2010 (T mín base) y las proyecciones para los RCP´s 4.5, 6.0 y 8.5 para el futuro cercano en la estación climatológica Las Minas. De acuerdo con las proyecciones de cambio de temperatura mínima, ésta podría aumentar en la región de estudio. El incremento proyectado para la temperatura mínima es de alrededor de 1°C para los tres RCP´s. Así para enero (mes más frío) la temperatura proyectada va de 10.33°C bajo el RCP 4.5 a 10.48 bajo el RCP 8.5. En el mes de octubre el RCP 8.5 proyecta un incremento de 1.8°C, siendo este el mayor incremento proyectado.

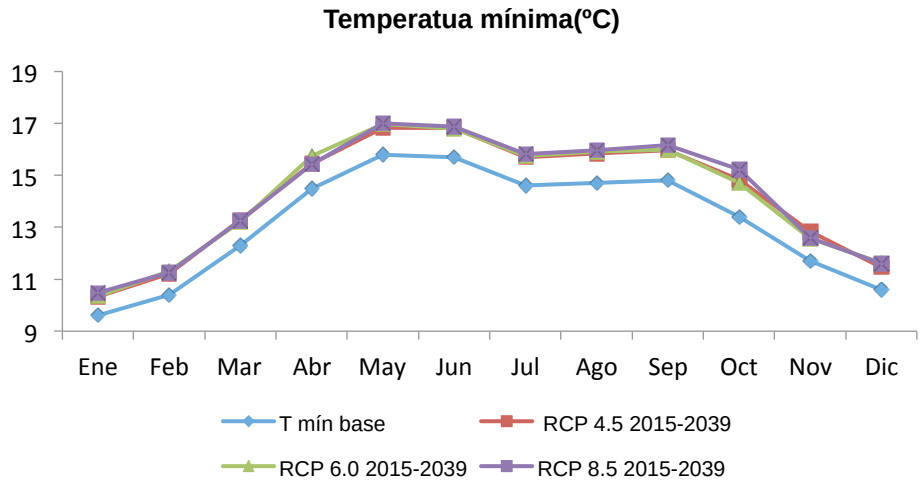


Figura 20. Ciclo anual de temperatura mínima en el escenario observado (1950-2010)en el bajo los RCP 4.5, RCP 6.0 y RCP 8.5 para el futuro cercano (2015-2039)

Precipitación

La figura 21 muestra el ciclo anual de precipitación (mm/mes) para el escenario observado en el periodo 1951-2010 (Pcp base) y las proyecciones para los RCP´s 4.5, 6.0 y 8.5 para el futuro cercano en la estación climatológica Las Minas.Se observa la presencia de canícula en el mes de julio, para este mes el RCP 8.5 es el que proyecta menor precipitación (94.05mm/mes) en comparación con lo

observado (110.70 mm/mes). El mes menor precipitación es marzo bajo el RCP 4.5 (39.5 mm/mes); el mes con mayor precipitación es septiembre en donde el RCP6.0 proyecta un incremento de 1.2% en la precipitación, mientras que los RCP 4.5 y RCP8.5 proyectan una decremento de 2.6% y 1.9%.

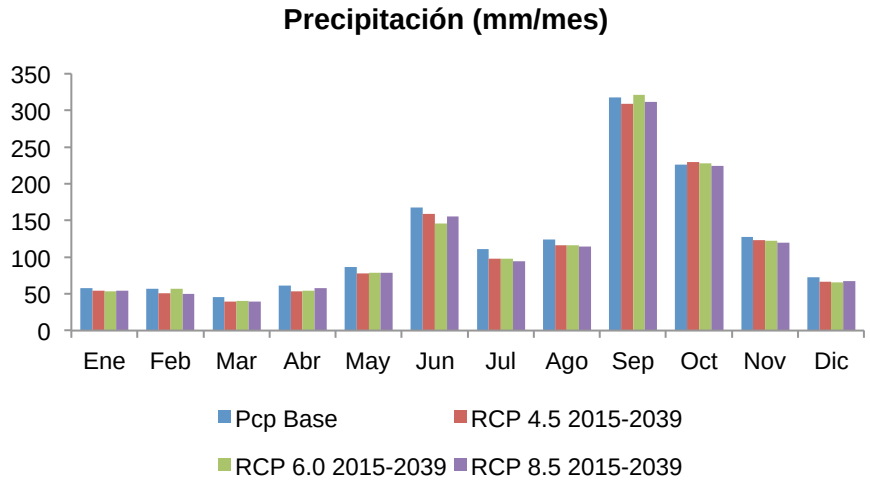


Figura 21. Ciclo anual de precipitación (mm/mes) en el escenario observado (1950-2010)bajo los RCP 4.5, RCP 6.0 y RCP 8.5 para el futuro cercano (2015-2039).

I.9. **Futuro cercano (2075-2099)**

Temperatura máxima

La figura 22 muestra el ciclo anual de temperatura máxima (°C) para el escenario observado en el periodo 1951-2010 (T máx base) y las proyecciones para los RCP 4.5, RCP 6.0 y RCP 8.5 para el futuro lejanoen la estación climatológica Las Minas. Se observa que los mayores incrementos de temperatura se proyectan bajo el RCP 8.5, siendo hasta de 5°C en el mes de abril; mientras que los menores incrementos se proyectan bajo el RCP 4.5 (entre 1.9°C y 2.7°C) y el RCP 6.0 proyecta incrementos 2.3°C a 3.6°C.

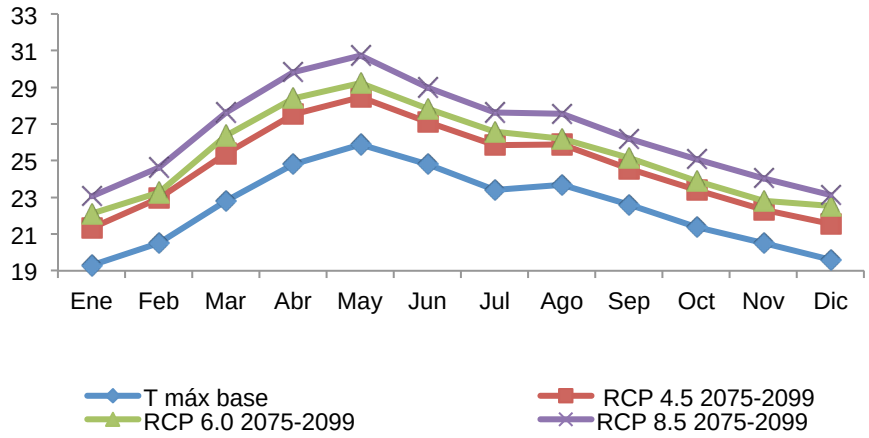


Figura 22. Ciclo anual de temperatura máxima en el escenario observado (1950-2010)bajo los RCP 4.5, RCP 6.0 y RCP 8.5 para el futuro lejano (2075-2099).

Temperatura mínima

En la figura 23 se muestra el ciclo anual de temperatura mínima (°C) para el escenario observado en el periodo 1951-2010 (T mín base) y las proyecciones para los RCP´s 4.5, 6.0 y 8.5 para el futuro lejano en la estación climatológica Las Minas. Se observa que los mayores incrementos de temperatura se proyectan bajo el RCP 8.5, siendo hasta de 5°C en el mes de octubre; mientras que los menores incrementos se proyectan bajo el RCP 4.5 (entre 1.6°C y 2.4°C) y el RCP 6.0 proyecta incrementos 2.1°C a 3.5°C, en general los valores proyectados por el RCP 6.0 se acercan a los proyectados por el RCP 4.5, excepto en los meses de abril y mayo.

Precipitación

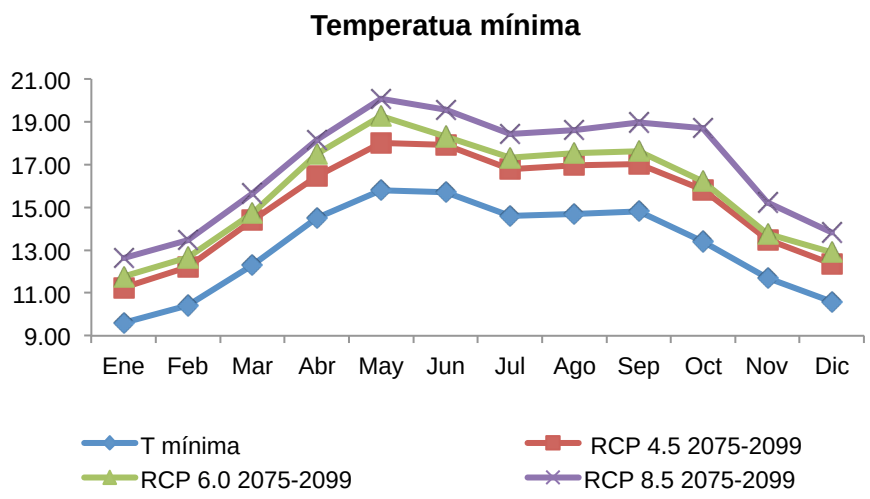


Figura 23. Ciclo anual de temperatura mínima en el escenario observado (1950-2010) en el bajo los RCP 4.5, RCP 6.0 y RCP 8.5 para el futuro lejano (2075-2099).

En la figura 24 se muestra el ciclo anual de precipitación (mm/mes) para el escenario observado en el periodo 1951-2010 (Pcp base) y las proyecciones para los RCP´s 4.5, 6.0 y 8.5 para el futuro cercano en la estación climatológica Las Minas. En general se proyecta una disminución en la precipitación bajo los tres RCP´s, excepto en los meses de septiembre y octubre; en el mes de septiembre el RCP 6.0 se proyecta un incremento de 3.6%, mientras que los RCP 4.5 y RCP 8.5 proyecta una disminución de 4.7% y 4.0% respectivamente. En el mes de octubre se proyecta un incremento de 1.6% bajo el RCP 4.5. 9.6 bajo el RCP 6.0 y 9.2 bajo el RCP 8.5.

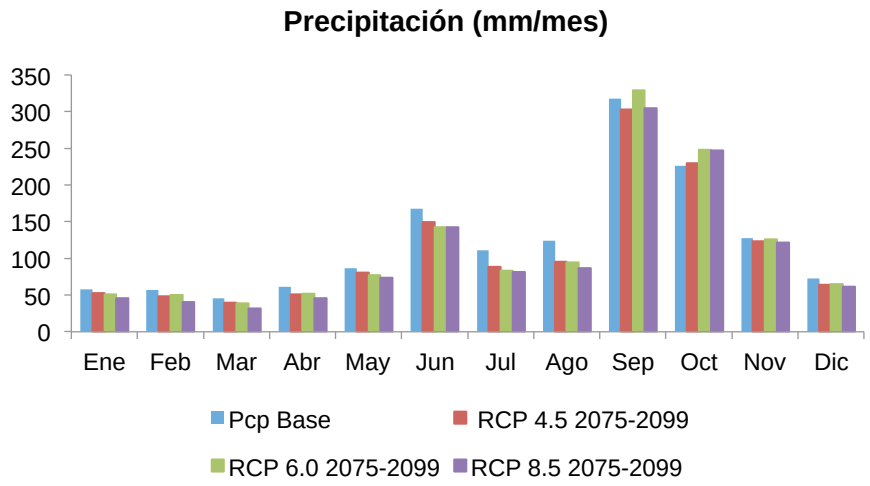


Figura 24. Ciclo anual de precipitación (mm/mes) en el escenario observado (1950-2010) bajo los RCP 4.5, RCP 6.0 y RCP 8.5 para el futuro lejano (2075-2099).

REFERENCIAS

Cavazos, T., J. A. Salinas, B. Martínez, G. Colorado, P. de Grau, R. Prieto, A. C. Conde, I. Quintanar, J. S. Santana, R. Romero, M. E. Maya, J. G. Rosario de la Cruz, Ma. del R. Ayala, H. Carrillo, O. Santiesteban y M. E. Bravo (2013), Actualización de escenarios de cambio climático para México como parte de los productos de la Quinta Comunicación Nacional, informe final del Proyecto al INECC, 150 pp. Disponible en: http://escenarios.inecc.gob.mx/index2.htm

Díaz, P. y D. Rivera, D. (2012). Los ciclones tropicales en Veracruz y sinopsis del huracán Karl. En Las inundaciones de 2010 en Veracruz. Memoria social y medio físico (págs. 78-122). Fondo Mixto de Ciencia y Tecnología/Conacyt. Disponible en http://www.igeograf.unam.mx/sigg/utilidades/docs/pdfs/publicaciones/inves_geo/boletines/55/b55_art430.pdf

Giorgi, F. y Mearns, L., 2001: Calculation of Average, Uncertainty Range, and Reliability of Regional Climate Changes from AOGCM simulations via the "Reliability Ensemble Averaging" (REA) Method. Journal of Climate, Vol. 15, pp. 1141-1158.

Garnica P. e I. Alcantara (2004) Riesgo por inundaciones asociados a eventos de precipitación extraordinaria en el curso bajo del Río Tecolutla Veracruz. Investigaciones GeoFiguras, UNAM, 55: 23-45.

INECC. (2013). Vulnerabilidad al cambio climático en los municipios de México. INECC-Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, SEMARNAT, México.

IPCC, (2007): Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el cambio Climático (Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación). IPCC, Ginebra, Suiza, 104 p. OMM.

Jáuregui, E. (2003), Algunos conceptos modernos sobre la circulación general de la atmósfera. Investigaciones GeoFiguras. Boletín del Instituto de Geografía, UNAM (50), 121-143 p.

Magaña, R. V. (Editor) (1999), Los impactos de El Niño en México. Universidad Nacional Autónoma de México/ Inter American Institute for the Global Change Research/ Secretaría de Gobernación /Secretaría de Educación Pública-Consejo Nacional de Ciencia y tecnología, México, D.F., 229pp.

Nasrallah, H.; Brazel, A. y Balling Jr. R.C. (1990). "Analysis of the Kuwait City urban heat. International Journal of Climatology, Vol. 10, pp. 401-405.

Nicholls, N. and W. Murray, (1999): Workshop on Indices and Indicators for Climate Extremes, Asheville, NC, USA, 3-6 June 1997 - Breakout Group B: Precipitation. *Climatic Change*, **42,** 23-29.

López, F. y C. Conde. (2010). Eventos extremos de temperatura. Recuperado en septiembre de 2014, de
http://www.atmosfera.unam.mx/gcclimatico/documentos/eventos_2010/taller_ponencia_05.pdf

Moreno, F. (2013), Descripción de la temperatura mínima para los inviernos 2009-2010 y 2010-2011. Meteorólogos. Boletín de meteorología **5**:9-11 p.

Morales, R. E. (2008). *Ondas del Este en las Albercas de Agua Caliente de las* Américas. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Autónoma de México.

Vázquez, J. L. (2010). Guía para el cálculo y uso de índices de cambio climático en México. Recuperado en septiembre de 2014, de http://www.inecc.gob.mx/descargas/cclimatico/Guia_Indices_CC-2010.pdf

I.10. **Anexos**

Anexos

Anexo I Encuestas

Encuesta dirigida a jefes de familia del campo, de la ciudad, amas de casa y personas de más de 60 años que han vivido por largo periodo en la región, con el objeto de recopilar y organizar información sobre las amenazas climáticas que han impactado a su comunidad.

I. Amenazas climáticas

¿Cuáles de los siguientes fenómenos han afectado a la comunidad en los últimos 10 años? (anotar el número de eventos)

Fenómenos meteorológicos						
Temporalidad	Huracanes	Tormentas	Granizadas	Persistencia de temperaturas altas por más de tres días	Vientos	
					Nortes	Suradas
Recientemente En los últimos 5 años Hace más de 5 años						

Fenómenos climatológicos					
	Sequías	Lluvias intensas	Periodos húmedos	Periodos cálidos	Periodos fríos
Recientemente En los últimos 5 años Hace más de 5 años					

Fenómenos hidrometeorológicos					
	Crecientes	Desbordamientos	Inundaciones rápidas	Derribos	Deslizamientos de tierra
Recientemente En los últimos 5 años Hace más de 5 años					

II. Impactos de las amenazas

¿Cuál considera que haya sido el grado de impacto de las amenazas antes mencionadas?

Amenaza	Impactos sobre la comunidad o el medio ambiente natural					Comentarios
	Muy alto	Alto	Medio	Bajo	Muy bajo	
Huracanes						

Tormentas						
Granizadas						
Temperaturas altas por más de tres días						
Vientos						
Sequía						
Incendios						
Inundaciones						
Periodos húmedos						
Periodos cálidos						
Periodos fríos						
Crecientes						
Desbordamientos						
Inundaciones						
Derribos						
Deslizamientos de tierra						

III.- Estrategias llevadas a cabo en la comunidad para enfrentar el impacto de las amenazas climáticas.

Evento	Fecha del suceso	Estrategia llevada a cabo	Comentarios

IV. Existencia de mecanismos para alertar a la comunidad ante posibles amenazas climáticas

Este parte de la encuesta tiene como fin identificar los grupos comunitarios u organizaciones que actúan en pro de la antelación ante la amenaza o auxilio ante los impactos.

IV a) Mencione las organizaciones o instituciones que existen en su comunidad para alertar a la población ante una amenaza climática.

IV b) ¿Qué organización o institución considera usted que tiene mayor relevancia en la actividad de prevención?

Cuestionario dirigido a las personas que tienen posición de captar y atender las necesidades de la comunidad, con el objeto de detectar el nivel de conocimiento local que se tiene sobre las amenazas climáticas en la región.

III. Amenazas climáticas

¿Cuáles de los siguientes fenómenos han afectado a la comunidad en los últimos 10 años? (anotar el número de eventos)

Fenómenos meteorológicos						
Temporalidad	Huracanes	Tormentas	Granizadas	Persistencia de temperaturas altas por más de tres días	Vientos	
					Nortes	Suradas
Recientemente						
En los últimos 5 años						
Hace más de 5 años						

Fenómenos climatológicos					
	Sequías	Lluvias intensas	Periodos húmedos	Periodos cálidos	Periodos fríos
Recientemente					
En los últimos 5 años					
Hace más de 5 años					

Fenómenos hidrometeorológicos					
	Crecientes	Desbordamientos	Inundaciones rápidas	Derribos	Deslizamientos de tierra
Recientemente					
En los últimos 5 años					
Hace más de 5 años					

IV. Impactos de las amenazas

¿Cuál considera que haya sido el grado de impacto de las amenazas antes mencionadas?

Amenaza	Impactos sobre la comunidad o el medio ambiente natural					Comentarios
	Muy alto	Alto	Medio	Bajo	Muy bajo	
Huracanes						
Tormentas						
Granizadas						
Temperaturas altas por más de tres días						
Vientos						
Sequía						
Incendios						
Inundaciones						

Periodos húmedos						
Periodos cálidos						
Periodos fríos						
Crecientes						
Desbordamientos						
Inundaciones						
Derribos						
Deslizamientos de tierra						

III.- Estrategias llevadas a cabo en la comunidad para enfrentar el impacto de las amenazas climáticas.

Evento	Fecha del suceso	Estrategia llevada a cabo	Comentarios

IV. Mapeo institucional

IV a) ¿Existen organizaciones o dependencias (gubernamentales o no gubernamentales) que aborden problemas relacionados con el cambio climático o con los diferentes tipos de amenazas climáticas?

IV b) Si la respuesta anterior fue afirmativa, mencionar:

¿Qué hacen estas organizaciones?

¿Cómo interactúan con la comunidad?

¿Qué organizaciones reciben apoyos para enfrentar los impactos de las amenazas climáticas?

¿Cuáles son las fortalezas y debilidades de estas organizaciones?

Anexo II Proyecciones CC

Descripción del método REA

El método REA propuesto y desarrollado por Giorgi y Mearns (2001), implementado por primera vez para México por Montero y Pérez (2008) y Montero et al. (2010), se aplicó para integrar la información de los 14 MCG analizados para tres escenarios de radiación: RCP4.5, RCP6.0 y RCP8.5, para las variables precipitación, temperatura mínima y máxima. Como parte de la evaluación del desempeño de los modelos, el método REA requiere datos observados, para lo cual se utilizó la base de la Unidad de Investigación Climática (CRU) versión TS 3.10. Este método de ensamble ponderado da mayor peso a los MCG que contengan los errores y sesgos más pequeños en comparación con los las observaciones y la dispersión futura de los modelos.

La fiabilidad de cada modelo se estima con base en dos criterios: i) Criterio de tendencia: es la similitud de un modelo respecto a los datos observados en el periodo histórico 1971-2000 (las menores diferencias obtendrán mayor confiabilidad) y ii) Criterio de convergencia: es la diferencia del modelo analizado respecto al ensamble de los MCG, es decir, al ensamble ponderado REA. La incertidumbre se estima calculando la raíz del error cuadrático medio del REA.

Los MCG son una herramienta muy útil para estudiar los efectos del cambio climático, pero dada la incertidumbre asociada a éstos no se recomienda utilizar las simulaciones solo de un modelo, sino el promedio de varios. No obstante el promedio simple de los modelos puede tener varios errores, ya que le da igual peso a cada modelo sin considerar el desempeño de éstos, por tal motivo Giorgi y Mearns (2001) sugieren utilizar un ensamble ponderado, en el cual se le asigne pesos a los modelos de acuerdo a dos criterios, descritos a continuación.

El ensamble ponderado REA (Giorgi y Mearns, 2001), se basa en promediar de forma ponderada cada modelo de acuerdo a dos criterios: 1) a su desempeño, brindando un mayor peso a los modelos con errores y sesgos más pequeños en comparación con las variables observadas en un punto de malla dado y 2) en las proyecciones futuras a su convergencia, donde mientras más cercano este un modelo del promedio REA de los MCG mayor peso tendrá. Este análisis fue calculado por punto de malla del dominio. El ensamble ponderado REA de los 16 modelos utilizados se calcula mediante la ec. 5.

$$\overline{\tilde{\Delta T}} = \tilde{A}(\Delta T) = \frac{\sum_i R_i \Delta T_i}{\sum_i R_i} \qquad \textit{Ec. 5}$$

Donde R_i es el peso de cada modelo (i) y ΔT es la anomalía de temperatura, por ejemplo. El peso R_i es definido por el producto de dos criterios (ec. 6): el de desempeño ($R_{B,i}$) y el de convergencia (R_D,i), donde los parámetros m y n pueden ser usados para darle más peso a un criterio que a otro, sin embargo en el presente estudio m y n son igual a 1:

$$R_i = \left[\left(R_{B,i} \right)^m \times \left(R_{D,i} \right)^n \right]^{\left[1/(m \times n)\right]} \qquad \textit{Ec. 6}$$

El criterio de tendencia se refiere a qué tan diferente es el modelo "i" respecto a los datos observados, en el periodo 1961-2000. Por lo tanto entre menor sea la diferencia de las dos bases de datos, mayor es la confiabilidad de tal modelo. Para lo cual se requiere tener datos históricos de los modelos a utilizar. Este factor se da por la ecuación:

$$R_{B,i} = \left[\frac{\varepsilon}{|B_i|} \right]^m \quad \textit{Ec. 7}$$

El criterio de convergencia es la distancia del modelo "i" respecto al resto de los modelos, es decir, del promedio REA. Este criterio es un método iterativo (ec. 8), en el que, en la primera iteración se toma en cuenta el promedio simple para calcular la convergencia $[\mathrm{D_{i1}}] = [\Delta \mathrm{T_i} - \overline{\Delta \mathrm{T_i}}]$, la cual se usa en las ecuación 6. Con lo anterior se recalcula la convergencia de cada modelo (iteración 2) con el promedio REA $[\mathrm{D_{i2}}] = [\Delta \mathrm{T_i} - \widetilde{\Delta \mathrm{T_i}}]$, y así sucesivamente. El proceso iterativo se termina cuando se alcanza el criterio de convergencia (que en este caso se consideró cuando $[\mathrm{D_{in}} - \mathrm{D_{in-1}} \leq 0.01]$). Entre menor sea la distancia del modelo "i" mayor será el valor de éste criterio.

$$R_{D,i} = \left[\frac{\varepsilon}{|D_i|} \right]^n \quad \textit{Ec. 8.}$$

En las ecuaciones 7 y 8 aparece el parámetro ε, el cual es una medida de la variabilidad natural. Para calcular esta variabilidad se eliminó la tendencia del periodo 1945-2005 y se calculó el promedio móvil de 30 años. Finalmente ε se definió como la diferencia entre los valores máximos y mínimos de este promedio.

Para estimar la incertidumbre (ec. 9) del ensamble promedio del REA, se calculó la raíz cuadrática media de la diferencia de los cambios, dado por:

$$\overline{\delta}_{\Delta T} = \left[\frac{\sum_i R_i \left(\Delta T_i - \overline{\tilde{\Delta} T} \right)^2}{\sum_i R_i} \right]^{1/2} \quad \text{Ec. 9}$$

Por lo tanto los límites superior e inferior de la incertidumbre están definidos por:

$$\Delta T_+ = \overline{\tilde{\Delta} T} + \delta_{\Delta T}$$

$$\Delta T_- = \overline{\tilde{\Delta} T} - \delta_{\Delta T}$$

II. SENSIBILIDAD TERRITORIAL, ECOSISTÉMICA Y SOCIOECONÓMICA

II.1. **Sensibilidad territorial: análisis de la vulnerabilidad en los municipios de Tatatila y Las Minas, Veracruz.**

Locatelli *et al*. (2009) propone que la evaluación de la vulnerabilidad ante el cambio climático se puede plantear a partir de la estimar la vulnerabilidad actual, de tal manera que la adaptación a las amenazas actuales sea la tarea más inmediata. Dichas amenazas, relacionadas con la variabilidad climática y otros impulsores (ej. políticas, mercados), deben abordarse de forma paralela a la evaluación de los escenarios del cambio climático, partiendo de que la comprensión de la vulnerabilidad actual es esencial para el proceso de adaptación al cambio climático, puesto que una sociedad menos vulnerable a las amenazas actuales será más adaptable a cambios futuros.

Para lograr este proceso de adaptación es evidente la importancia del conocimiento y la comprensión detallada de los factores físicos relacionados con el clima, la geología, la hidrología, el ambiente, los factores ecológicos, etc., así como los factores sociales y económicos, las buenas prácticas y las capacidades locales que permitan establecer las líneas de acción en un contexto de planeación orientado a la gestión del riesgo y la reducción de la vulnerabilidad.

Por ello nos hemos propuesto que este estudio parta de un análisis integral (cuantitativo y cualitativo) de los municipios seleccionados para diagnosticar los peligros actuales ante eventos naturales, el grado de exposición de sus habitantes y propiedades, de los ecosistemas y de las actividades productivas, así como de la infraestructura existente. Posteriormente se identifica la valoración ecosistémica y la sensibilidad socioeconómica, así como las capacidades locales de adaptación para poder determinar el nivel de vulnerabilidad actual.

Esta vulnerabilidad se considera la línea base para comparar con los resultados que se obtengan a partir de los escenarios de cambio climático, lo que permite evaluar sí la vulnerabilidad actual se verá modificada, desencadenando o aminorando los impactos previstos en los sectores o localidades que se consideren prioritarios.

A continuación se describen las variables del medio físico que caracterizan a los municipios de Las Minas y Tatatila, Ver. que inciden en la valoración de los peligros ante eventos climáticos en esta región.

II.1.1. **Evaluación de las variables del medio físico**

Los municipios colindantes de Tatatila y Las Minas se ubican en la zona centro norte del estado de Veracruz, formando parte de la zona alta de la cuenca del río Bobos (figura 25).

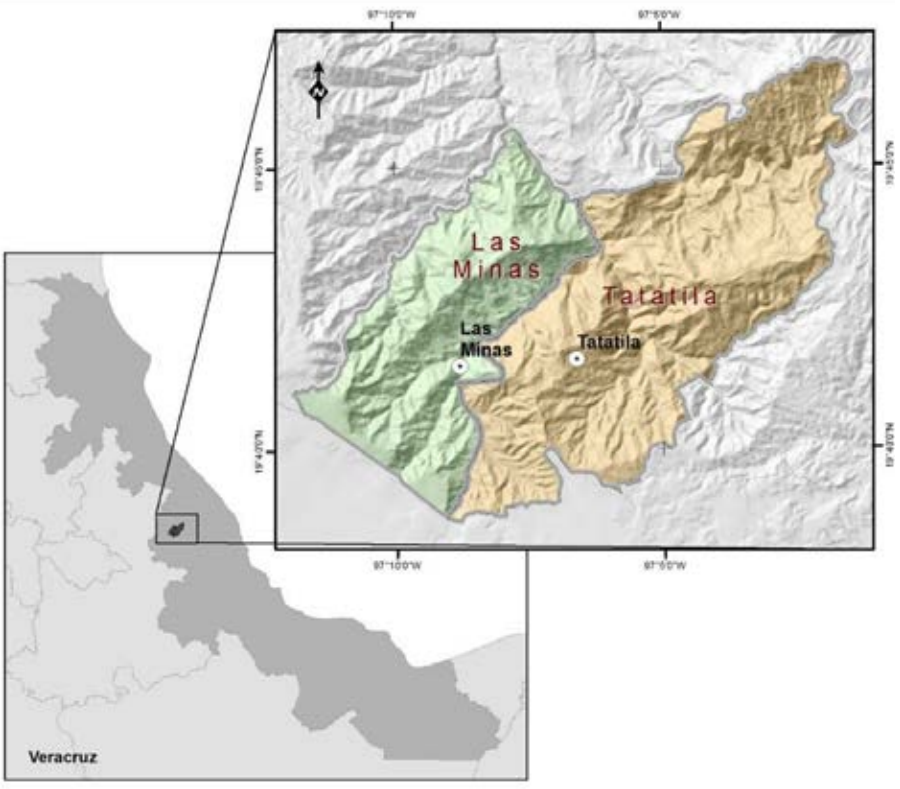


Figura 25. Localización de los municipios de Las Minas y Tatatila en la parte alta de la cuenca del río Bobos.

El mapa base del área de estudio de los dos municipios serranos (figura 26) y la imagen de Google Earth (figura 27) muestran lo accidentado del paisaje donde se asientan las cabeceras municipales de ambos municipios, lo que evidencia las dificultades de acceso a esta zona montañosa, factor que por otra parte ha actuado favorablemente en la conservación de los bosques en las zonas más inaccesibles.

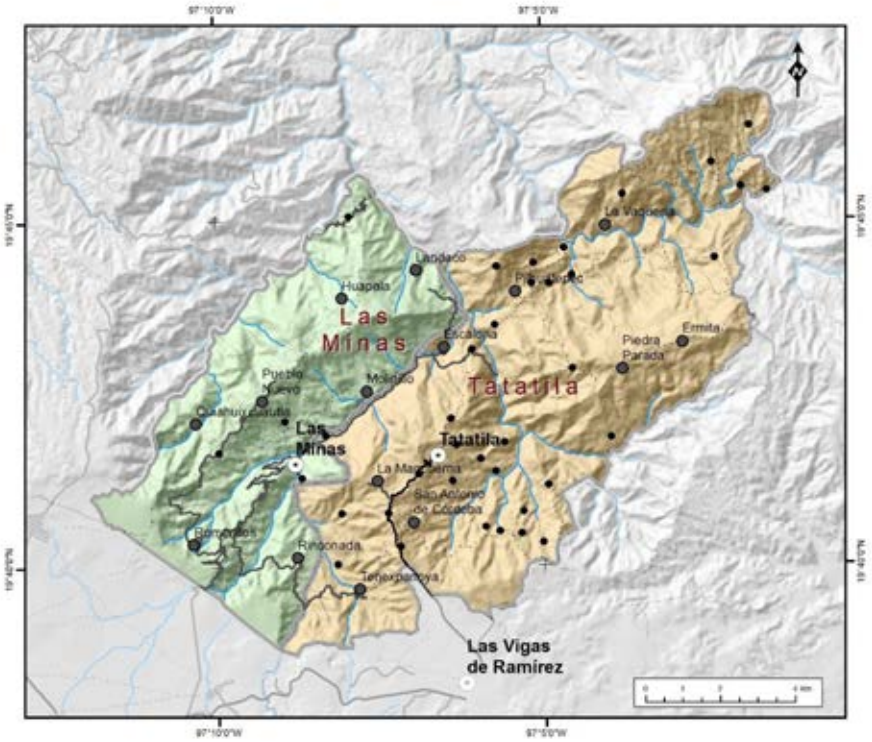


Figura 26. Mapa base de los municipios de Tatatila y Las Minas.

Figura 27. Imagen Google Earth con las cabeceras municipales de Tatatila y Las Minas, Ver.

II.1.1.1. **Clima**

La evaluación de la vulnerabilidad ante el cambio climático requiere de un análisis detallado de las condiciones climáticas de los municipios bajo estudio. A continuación, y con relación con este tema, se sintetizan y transcriben algunos de los aspectos que la Universidad veracruzana está llevando a cabo en este estudio y que consideramos necesarios tomar en cuenta para poder estimar los peligros potenciales ante diversos eventos relacionados con el clima en esta región.

En el análisis de los climas presentes en los municipios de Las Minas y Tatatila, la UV consideró los datos de las normales climatológicas del periodo 1950-2000 del SMN de tres estaciones climatológicas, cuya ubicación se muestra en la figura 28, la cual permite observar los diferentes niveles altitudinales presentes en los municipios de interés, así como en la gran región considerada para el análisis y generación de los escenarios climáticos observado y futuros.

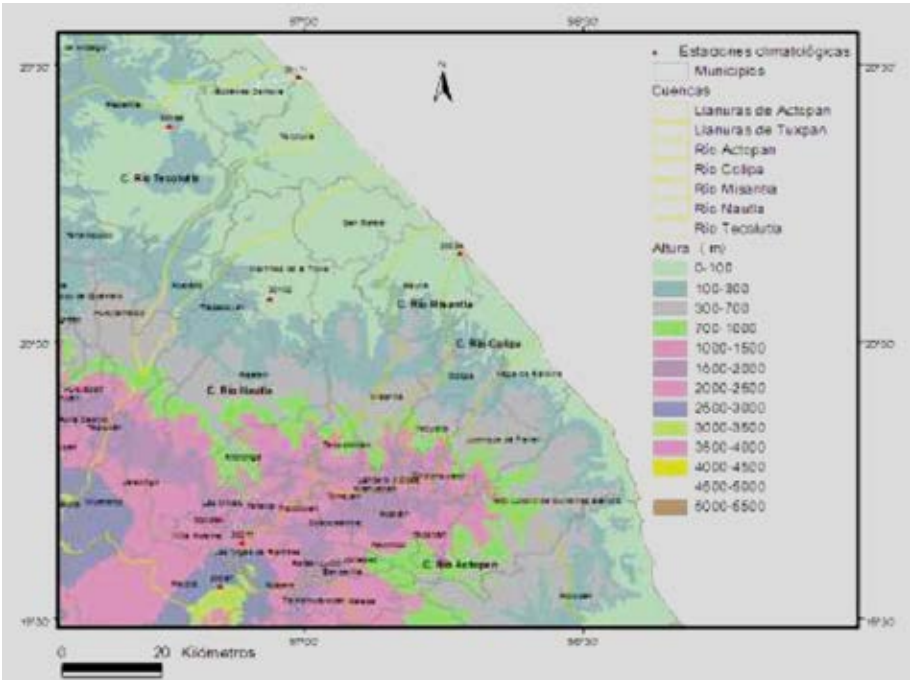


Figura 28. Ubicación de los municipios de Las Minas y Tatatila, niveles altitudinales y ubicación de las estaciones climatológicas. Fuente: Universidad Veracruzana.

Estos dos municipios van desde los 2000 y 2500 msnm, hasta los niveles más bajos que se encuentran entre los 700 a 1000, es decir que ocupan varios pisos altitudinales lo se refleja en la variedad de climas y diversidad de ecosistemas presentes. En el cuadro 14 se proporciona información sobre los periodos de registro de las estaciones y su ubicación en el contexto hidrológico.

Cuadro 14. Estaciones climatológicas utilizadas para la generación del escenario base observado.

Clave	Nombre	Mpio.	Cuenca	Organismo	Inicio	Fin	Latitud norte	Longitud oeste	Altura (msnm)
30097	Los Pescados	Perote	Río Nautla y otros	C FE	01/03/1964	30/09/2009	19033'41"	97008'53"	2395
30089	Las Minas	Las Minas	Río Nautla y otros	C FE	01/09/1949	30/09/2000	1904123"	97008'51"	1415
30211	Las Vigas de Ramírez	Las Vigas de Ramírez	Río Nautla y otros	CONAGUA-SMN	01/06/1922	31/12/2008	1903820"	97006'35"	2426

Fuente: UV este estudio.

El Mapa de Climas muestra las áreas que ocupan los climas predominantes de acuerdo a la información de CONABIO (esc. 1: 1 000,000). Como se aprecia en la figura 29 en la región Las Minas-Tatatila se presentan climas que van desde el semicálido al templado (ver Cuadro 15).

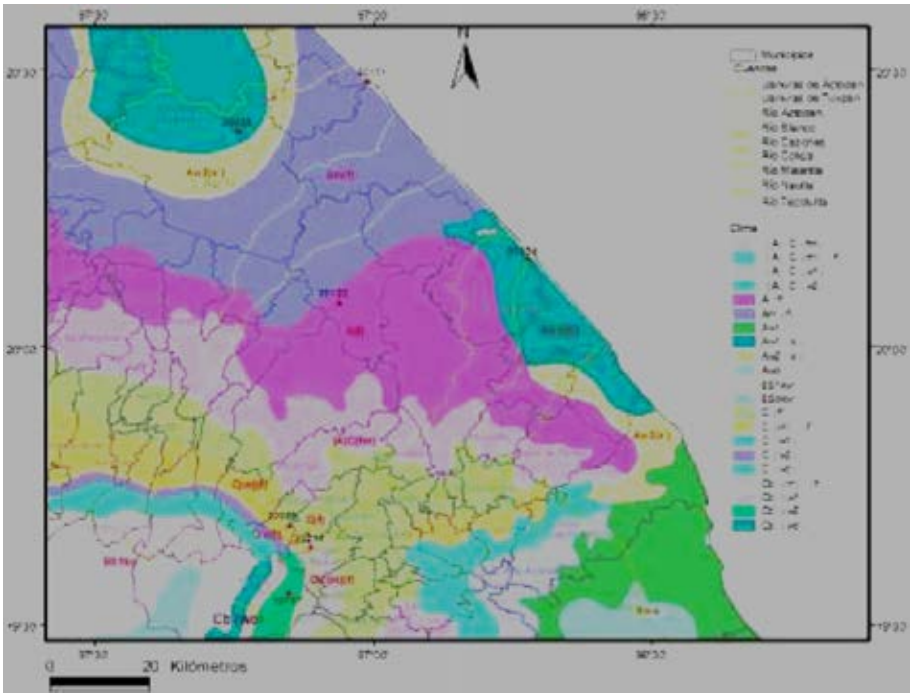


Figura 29. Climas en la región Las Minas-Tatatila. Fuente: E. García-CONABIO, 1998, esc 1:1000,000 publicado en 2001. Fuente: UV.

Cuadro 15. Tipos y subtipo de los climas que se encuentran en la región comprendida entre los 19° 30' y 20° 30' de latitud norte y los 96° 15' y 97° 15' de longitud oeste.

Tipo de Clima	Descripción
(A)C(fm)	Semicálido húmedo del grupo C, temperatura media anual mayor de 18ºC, temperatura del mes más frío menor de 18ºC, temperatura del mes más caliente mayor de 22ºC Precipitación del mes más seco mayor a 40mm; lluvias entre verano e invierno y porcentaje de lluvia invernal menor al 18% del total anual. Este clima está presente en la región entre los 300 a 1500 msnm.
C(f)	Templado, húmedo, temperatura media anual entre 12ºC y 18ºC, temperatura del mes más frío entre -3ºC y 18ªC y temperatura del mes más caliente bajo 22ºC. Precipitación en el mes más seco mayor de 40 mm; lluvias todo el año y porcentaje de lluvia invernal mayor al 18% del total anual.

	Este clima está presente en la región entre los 1500 a 2500 msnm.
C(m)(f)	Templado, húmedo, temperatura media anual entre 12ºC y 18ºC, temperatura del mes más frío entre -3ºC y 18ªC y temperatura del mes más caliente bajo 22ºC. Precipitación del mes más seco menor a 40mm; lluvias entre verano e invierno y porcentaje de lluvia invernal mayor al 10.2% del total anual. Este clima está presente en la región entre los 1500 a 2500 msnm.
C(w2)	Templado, subhúmedo, temperatura media anual entre 12ºC y 18ºC, temperatura del mes más frío entre -3ºC y 18ªC y temperatura del mes más caliente bajo 22ºC. Precipitación del mes más seco menor a 40mm; lluvias entre verano con índice P/T mayor de 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5 al 10.2% del total anual. Este clima está presente en la región entre los 2000 2500 msnm.

En el Cuadro 16 se proporciona la información obtenida del análisis de los climogramas para el periodo de registro 1950-2000, de dos estaciones climatológicas cercanas a la estación Las Minas: Los Pescados (30097) y Las Vigas de Ramírez (30211), y en la figura 30 se proporcionan los climogramas correspondientes.

Del análisis del Cuadro 16 y la figura 30, se encuentra que, para las tres estaciones:

- Enero es el mes más frío y mayo el más cálido.
- Marzo corresponde al mes más seco en términos de la precipitación registrada, y septiembre al mes más lluvioso.
- El valor mayor de precipitación total anual (mm) se registra en Las Minas y el menor en Los Pescados.
- La canícula se presenta en el mes de agosto en Las Vigas de Ramírez y Los Pescados, y en el mes de julio en Las Minas.
- Las Minas y Los Pescados tiene un clima templado y Las Vigas de Ramírez semifrío.

Cuadro 16. Los climas por estación climatológica de acuerdo al Sistema de Köppen modificado por García (1988). Fuente UV.

Estación/datos	Las Vigas de Ramírez	Los Pescados	Las Minas
Altitud (msnm)	2426.0	2395.0	1415.0
T media anual (°C)	11.9	10.3	17.8
Temperatura mediadel mes más frío y mes en que se presenta.	9.3 enero	**7.8** enero	14.4 enero
Temperatura mediadel mes más caliente y mes en el que se presenta.	14.7 mayo	12.8 mayo	**20.9** mayo
Precipitación total anual (mm)	1124.7	826.7	1455.3
Precipitación del mes más seco y mes en el que se presenta.	23.6 marzo	16.2 marzo	45.4 marzo
Precipitación del mes más lluvioso y mes en el que se presenta.	183.9 septiembre	244.5 septiembre	317.7 septiembre
% de lluvia invernal	7.6	6.6	11
Determinación del régimen de lluvias.	De verano	De verano	Intermedio
Corresponde a un a clima seco.	No es seco	No es seco	No es seco
Grupo de clima.	Semifrío	Templado	Templado
Subgrupo húmedo o subhúmedo.	húmedo	subhúmedo	subhúmedo
Cociente Pc/T	94.5	80	81.7
Presenta canícula	En agosto	En agosto	En julio
Oscilación térmica anual.	5.4 Con poca oscilación	5 Con poca oscilación	6.5 Con poca oscilación
Tipo y subtipo de clima	Cb´(m)(f)	Cb´(w_2)	C(f)

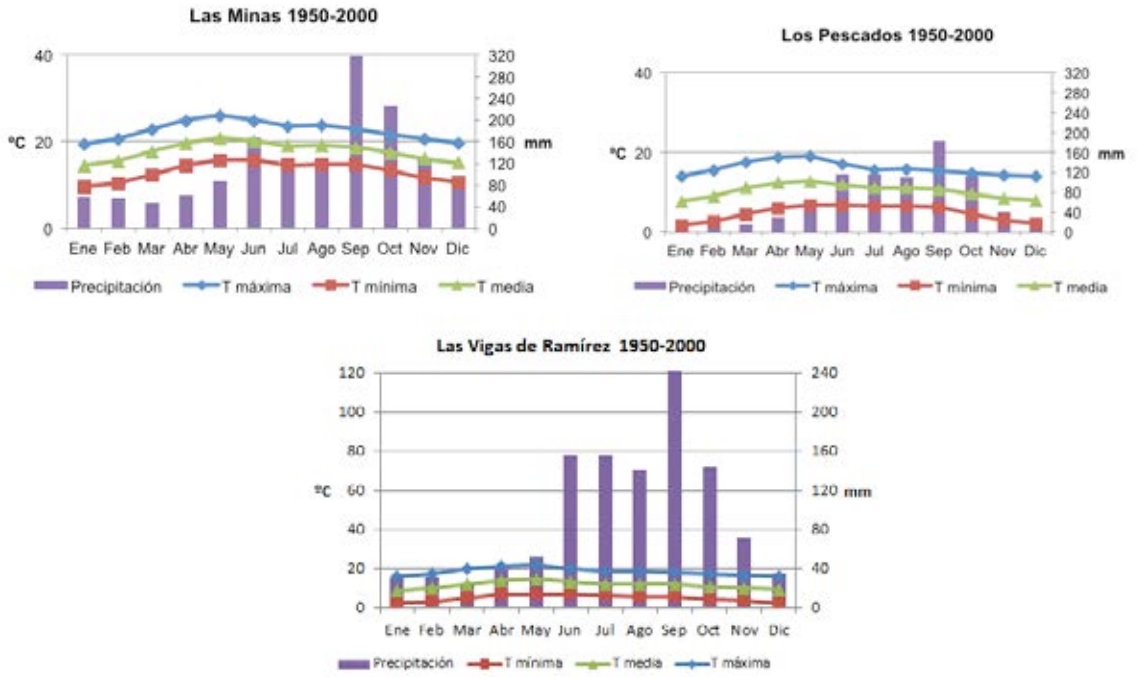


Figura 30. Climogramas correspondientes a las estaciones climatológicas Las Minas Los Pescados y Las Vigas de Ramírez. Fuente: Elaboración UV

II.1.1.2. **Sistemas de circulación**

Por su ubicación geografíca la región de Tatatila y Las Minas se encuentra dentro de la región tropical, de manera que la interacción de los sistemas de circulación atmosférica y las condiciones oroFiguras presentes son los controles más fuertes del clima en ella. De finales de octubre a inicios de mayo, esta región se encuentra expuesta al paso de frentes fríos, los cuales pueden ocasionar descensos marcados de temperatura y traer asociados vientos fuertes denominados “Nortes”. Y durante los meses de mayo a noviembre, la región se encuentra expuesta al paso de las ondas del este y al impacto de los sistemas ciclónicos tropicales (depresiones tropicales, tormentas tropicales y huracanes) cuyas trayectorias han llegado a pasar cerca de la región, o bien que por las dimensiones de sus bandas nubosas y vientos asociados afectan tanto las condiciones térmicas y de precipitación de los municipios en estudio.

II.1.1.2.1. **Frentes fríos**

El paso de los frentes fríos por el territorio veracruzano y las masas de aire frío y vientos del norte asociados, generan descensos en las temperaturas y precipitaciones pluviales de diferentes intensidades, heladas y/o nieblas.

En el análisis realizado por Moreno (2013) sobre las temperaturas mínimas registradas durante los inviernos 2009 -2010 y 2010-2011, encuentra que el ingreso de los frentes y las masas de aire frío y los eventos de Norte asociados, propiciaron temperaturas mínimas relativamente extremas. En el primer periodo las temperaturas más bajas se registraron en el municipio de La Perla (3°C) y la región del Cofre de Perote (5°C); mientras que en el segundo se observaron -4°C con respecto a la media en la zona de Pánuco- Tuxpan y La Joya-Las Vigas y de -3°C en la zona Perote-Cosautlán; mientras que en la zonas de Coatzacoalcos-Minatitlán-Las Choapas el valor observado fue de - 2°C.

Las anomalías positivas de +4°C se presentaron durante el segundo periodo en la zona de Zongolica y en la zona Boca del Río-Alvarado. Menciona que tales anomalías podrían estar relacionadas con teleconexiones, considerando que durante el 2009-2010 se presentó evento El Niño moderado a fuerte y las Oscilación del Ártico y del Atlántico Norte con valores negativos.

De acuerdo a Magaña (1999), durante inviernos El Niño la presencia anómalamente continua de frentes fríos provoca que las temperaturas en gran parte del país estén por debajo de lo normal. Encuentra que en años El Niño la actividad de Nortes aumenta en comparación con años La Niña, incrementándose la entrada de aire frío, resultando en inviernos más crudos. Refiere que durante el periodo 1982 a principios de 1999 ocurrieron cuatro niños en los inviernos 1982-1983, 1986-1987, 1991-1992 y 1997-1998, siendo este último el más intenso.

Menciona además que en el estado de Veracruz el impacto de El Niño en el clima invernal se relaciona con la actividad de los Nortes.

En la estación climatológica Las Minas para el periodo 1951-2010 se registra la presencia de nieblas durante todo el año siendo octubre (13.5 días) el mes con mayor número de días con niebla, respecto a la lluvia se observa que el mayor número de días con lluvia se presenta en septiembre (18.5 días), mientras que el mes con menos días con lluvia es abril (9.3 días). Las tormentas eléctricas y el granizo se presentan pocas veces en el año.

En el caso de los municipios de interés en este estudio, las temperaturas bajas asociadas a los eventos de frentes fríos han ocasionado que el gobierno del Estado solicite Declaratorias de Emergencia, como ejemplo de caso se documenta la situación del frente frío No. 21 el cual propició bajas temperaturas para los municipios de Atzalan, Jalacingo, Altotonga, Las Minas, Tatatila y Huayacocotla; alcanzándose en Perote temperaturas de - 6°C. En nota periodística de esa fecha se reportan apoyos del gobierno estatal consistentes en el envío de “150 toneladas de ayuda a los 29 municipios costeros y a los 114 montañosos más vulnerables”.

Del análisis de percentiles y de sistemas que han impactado al estado de Veracruz y en particular a la zona Las Minas –Tatatila, se documenta el caso de interacción del frente frío y la depresión tropical ocurrida durante el periodo del 4 al 8 de octubre de 1999; caso que puede ser asociado con el grado de exposición de la región ante amenazas climáticas, y más aún ante la combinación de algunas de ellas y la intensidad de las precipitaciones que pueden llegar a generar.

Durante los días 4 a 8 antes mencionados, en el territorio veracruzano se sintió el impacto de la interacción de la Depresión tropical 11 con el FF No. 5. En el

boletín hidrometeorológico No. 557 de fecha 6 de octubre de 1999, se mencionaba que los sistemas continuarían generando en la entidad lluvias localmente intensas y tormentas eléctricas aisladas, así como persistencia de viento fuerte del norte. Del análisis de datos diarios de la estación de Las Minas la precipitación acumulada durante los días del 4 al 6 alcanzó un valor de 649.6 mm (equivalente al 44% de la precipitación acumulada anual del periodo 1950-2000), mientras que en Las Vigas de Ramírez la precipitación acumulada correspondiente, alcanzó 248 mm (el 22% de la precipitación acumulada anual del periodo 1950-2000). En el Boletín Hidrometeorológico del día 6 se reportaron precipitaciones de 212.2 mm en Martínez de la Torre; 118.8 mm en Ángel R. Cabada; 106.8 mm en Xalapa y 66.0 en Teocelo. Cabe mencionar que las lluvias acontecidas durante octubre de 1999, han sido consideradas como extraordinarias (Garnica y Alcántara, 2004)

II.1.1.2.2. **Ondas del oeste**

Las ondas del este se generan por una perturbación en la corriente de los vientos alisos. Estas perturbaciones provienen del continente africano y viajan al oeste durante los meses de mayo a octubre, afectando principalmente el sur de México y Centro América; por lo que en sus orígenes se llaman “ondas africanas” y en su viaje por el Atlántico ondas del este u ondas tropicales (Morales, 2008).

El paso de las ondas tropicales (OT) por el estado de Veracruz han llegado a provocar lluvias muy fuertes (50 a 70 mm) con tormentas eléctricas, granizadas y vientos fuertes en la zona central, como en al caso de la OT 7 en 2015. De acuerdo al comunicado de prensa No. 405-15 de CONAGUA, para la región Golfo se pronosticaban condiciones de cielo de medio nublado a nublado, 80% de probabilidad de lluvias muy fuertes en el centro de Veracruz y sur de Tamaulipas, y fuerte en Tabasco; viento del este y noreste de 20 a 35 km/h en Veracruz y Tabasco, con rachas superiores a 50 km/h en Tamaulipas. Las temperaturas más

calurosas que podrían presentarse durante el día y, se relacionaban a la presencia de una circulación anticiclónica en la atmósfera.

II.1.1.2.3. **Huracanes**

La región tropical año con año es impactada por el paso de sistemas ciclónicos tropicales (CT) generados en el océano Atlántico tropical durante los meses de junio a noviembre, y por las condiciones atmosféricas o trayectorias asociadas a los sistemas generados en la región del Istmo de Tehuantepec principalmente, como por ejemplo las trayectorias de los CT de 1902 y 1923.

Jáuregui *et al*. (1995) documentan las trayectorias y precipitaciones pluviales provocadas por los huracanes (H) y las tormentas tropicales (TT) que afectaron al estado de Veracruz en el periodo 1961 – 1990, encontrando que en general “las tormentas tropicales y ciclones que afectan al sur del Golfo de México, son ciclones con poco desarrollo que al cruzar la península de Yucatán se debilitan y pueden o no intensificarse al aproximarse a costas veracruzanas y aterrizar como ciclones en etapa de disipación.

Menciona que el periodo de mayor incidencia de los sistemas ciclónicos se presenta entre junio y noviembre, y que durante este tiempo pueden ocurrir inundaciones considerables en el territorio veracruzano aun cuando los sistemas no alcancen un buen desarrollo, y que las trayectorias de las TT que han llegado a afectar a esta entidad tienen su origen en la sonda de Campeche y el Golfo de México, mientras que las originadas en el Atlántico y Mar Caribe son las más intensas que llegan a su costa. Los años con Niño (moderado o fuerte) son años de poca actividad ciclónica en el Golfo de México y en todo el Atlántico tropical.

En la figura 31 se muestran las trayectorias ciclónicas que han ingresado a la región y/o pasado cerca de los municipios de Tatatila y Las Minas durante el periodo 1850-1911.

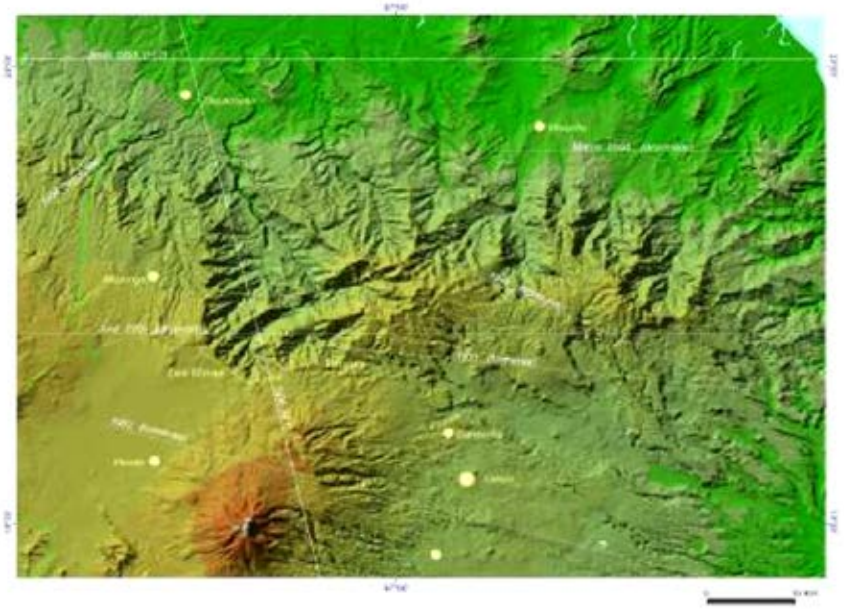


Figura 31. Trayectorias de sistemas ciclónicos tropicales que incursionaron en la región de estudio durante el periodo 1851-2011. Fuente UV.

Las trayectorias que ingresaron al estado de Veracruz y que además lo hicieron cerca o dentro de los municipios de Las Minas o Tatatila fueron:

- El huracán de 1936 correspondiente al sistema tropical No. 10 de la temporada, el cual se formó al oeste del mar Caribe el día 28 de agosto. Impacta al estado de Veracruz el día 30 e ingresa a tierra a la altura de Tecolutla.
- El huracán Florence de 1954. Se forma el 11 de septiembre en el Golfo de México y el día 12 ingresa a tierra por Nautla y llega hasta Martínez de la Torre y Tlapacoyan.
- El hHuracán Janet de 1955. Tocó tierra entre Nautla y el Puerto de Veracruz con intensidad de categoría 5 después de causar daños a la Península de Yucatán.

- La tormenta tropical de 1931. Se forma frente al Arco de Antillas Menores y cruza por la península de Yucatán. El 18 de agosto ingresa a tierra por La Mancha, municipio de Alto Lucero.
- La tormenta tropical de 1932. Séptimo sistema ciclónico de esa temporada, el cual se forma en el Arco de las Antillas Menores y llega a impactar en la zona centro del estado de Veracruz el 3 de octubre.
- La depresión tropical de 1941. Se forma el 23 de septiembre al sureste del Arco de las Antillas Menores, el 30 de septiembre ingresa a la región centro-norte del estado de Veracruz.
- La tormenta tropical José de 2005. Tercer sistema ciclónico de la temporada. Se forma al suroeste del Golfo de México e ingresa a tierra por la costa central del estado de Veracruz.
- La tormenta tropical Marco de 2008. Se origina al suroeste del Golfo de México e impacta la zona central del estado de Veracruz, dejando lluvias de 100 a 150 mm en la región.

La descripción de los sistemas ha sido tomada de Díaz, A. y Rivera D, (2010).

II.1.1.3. **Los elementos climáticos**

En este apartado la Universidad Veracruzana (presente estudio) proporciona los mapas climáticos de temperatura (máxima y mínima) y precipitación, los cuales permiten la contextualización espacio – temporal de las áreas con valores más altos o más bajos de las variables climáticas. (Ver UV carpeta 6 para su consulta).

Para nuestro objetivo principal que es identificar las zonas de mayor peligro ante eventos relacionados con el clima, destacamos la información obtenida para la precipitación.

II.1.1.3.1. **Precipitación**

En este apartado se describe el comportamiento espacio-temporal de la precipitación en la región de estudio, con el fin de identificar las regiones donde se ubican los valores altos y bajos de esta variable atmosférica y su distribución.

De acuerdo con la UV, a partir de la climatología de cada uno de los sitios considerados en la región de estudio, se observa que, en cuanto a los patrones estacionales de isoyetas tanto en Las Minas como en Tatatila la mayor precipitación ocurre en otoño siendo de 250 mm/mes a 170 mm/mes en Las Minas y 200 mm/mes a 120 mm/mes en Tatatila y la menor en invierno. Para la primavera y el invierno en Las Minas la precipitación va de los 75 mm/mes en la parte baja del municipio a los 45mm/mes, mientras que Tatatila la precipitación va de los 80mm/mes a los 45mm/mes en primavera y de los 75 mm/mes en la parte baja del municipio a los 45mm/mes en invierno. En verano 180 mm/mes en la parte baja y 120 mm/mes en la parte alta de Las Minas y en Tatatila200 mm/mes en la parte baja y 120 mm/mes en la parte alta.

En la figura 32 se observa la distribución de los rangos de precipitación promedio anual en los dos municipios, destacando que ambas cabeceras municipales se localizan en una zona que se caracteriza por lluvias que van de los 1500 a 1800 mm anuales promedio.

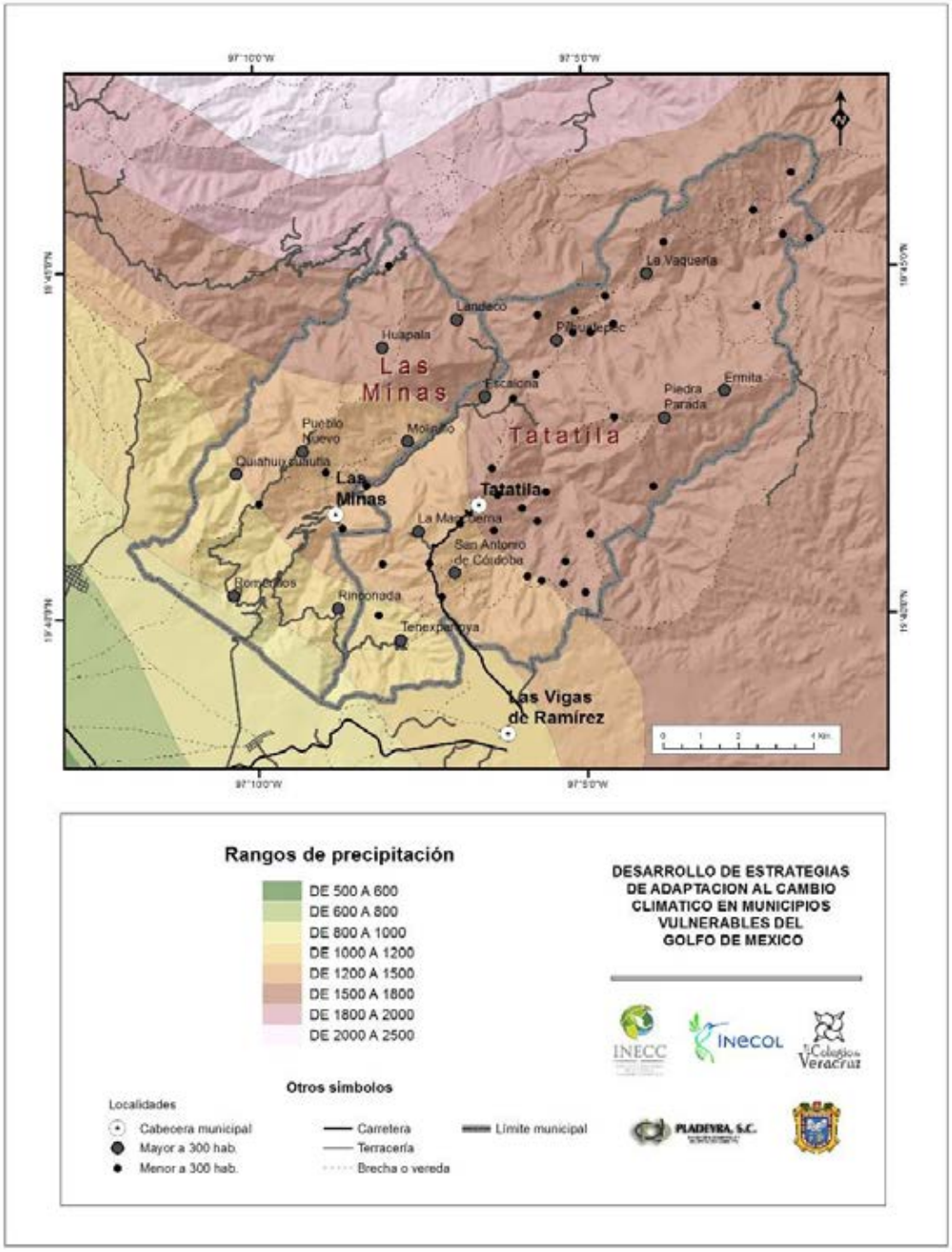


Figura 32. Rangos de precipitación promedio anual en los municipios de Tatatila y Las Minas.Fuente: Conabio

El municipio de Tatatila presenta rangos de precipitación que van de los 800 a 1000 (0.5 % del área total), hasta los 1500 a 1800 en cerca de 72% de su territorio. Las Minas, por su parte, recibe una precipitación de 800 a 1000 mm anuales en el 10% de su superficie, de 1000 a 1200 en casi 25 % del área, 1200 a 1500 mm en casi el 36 % de su territorio, y de 1500 a 1880 mm en el 28% del área municipal (Figura 33).

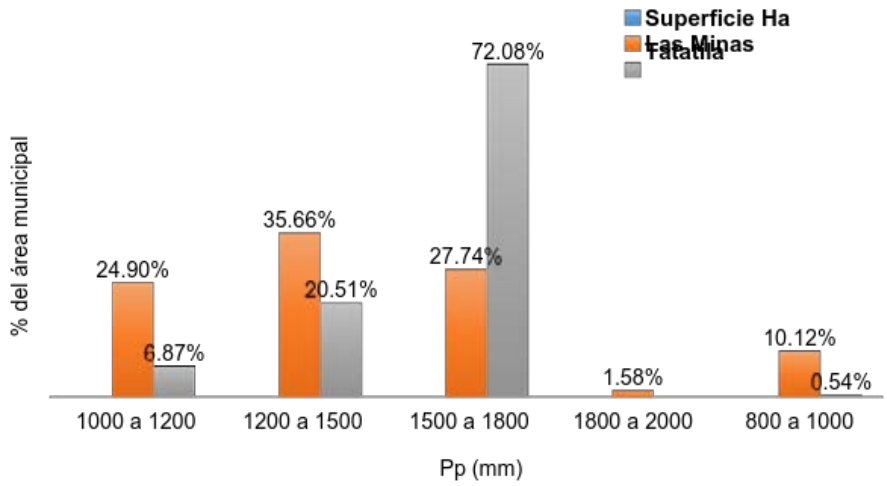


Figura 33. Distribución de la precipitación promedio anual (% del área) en los municipios de Tatatila y las Minas.

II.1.1.4. **Tendencias y eventos extremos**

Con el fin de identificar fechas o eventos que en el pasado han tenido impacto sobre la región de estudio, en este trabajo la UV analizó la tendencia de los datos registrados en determinado periodo de años; así como los datos que se encuentran por arriba o por debajo del valor medio de la serie (anomalías) mediante herramientas estadísticas utilizadas en la identificación de algún cambio relevante en los valores de las variables climáticas.

Los expertos en el tema recomiendan además utilizar observaciones en la escala temporal diaria en la tarea de detección de cambios en los extremos meteorológicos, debiendo tener en cuenta que este tipo de eventos (extremos)

ocurren en periodos de pocos días y en la mayoría de los casos se encuentran relacionados con sistemas atmosféricos de escala sinóptica o regional.

Aunque no existe una definición única para los eventos extremos, Vázquez los identifica como aquellos eventos que en la serie de registro diario, tienen una baja probabilidad de ocurrencia y cuyo valor excede un umbral especificado; y a manera de ejemplo hace mención del criterio de Nicholls y Murray (1999) para la identificación de extremos de precipitación calculados a partir de datos diarios:

a) La frecuencia de días que exceden los percentiles 90, 95 y 99, calculando los percentiles únicamente con los días con lluvia;

b) el "índice simple de intensidad de lluvia" calculado dividiendo la lluvia total por el número de días con lluvia y

c) el porcentaje de la lluvia en un periodo (año, estación, etc.) que ocurre en los días con lluvia por arriba de los percentiles 90, 95 y 99.

II.1.1.4.1. **Datos que exceden el umbral respecto al valor medio del período 1950-2011**

Para los fines de identificar posibles fechas de ocurrencia de eventos extremos, considerando que los datos de temperatura media presentan una distribución normal en climas tropicales, y que en el caso de las temperaturas máxima y mínima su diferencia radica en que presentan una distribución asimétrica, se considera el criterio propuesto por López y Conde (2010) para identificar eventos extremos en las temperaturas: "el evento que se encuentra por encima del 90o. percentil o por debajo del 10o. de una función de probabilidad observada".

Los frentes fríos pueden ser considerados como amenazas climáticas para estos municipios en estudio, ya que antes de su paso por la región, se pueden

registrar temperaturas sensiblemente altas y tras el paso de la masa de aire frío asociada las temperaturas pueden disminuir considerablemente.

Como ejemplo de caso puede citarse al FF No. 19 (enero 2011) el cual el día 6 se presentaba como un sistema débil asociado a un sistema de alta presión que podía afectar tras su paso con cielos nublados y vientos del norte moderados. Para los días 7 a 9, se reporta restablecimiento del flujo de aire marítimo tropical, recuperación de la temperatura, la cual alcanza el día 9 valores altos; como consecuencia de un evento de “Surada” en el observatorio de Orizaba alcanzaron rachas de 78 Km/h.

Las oscilaciones térmicas asociadas a estos sistemas atmosféricos pueden llegar a impactar tanto en las condiciones de salud de los habitantes, la infraestructura habitacional y los cultivos. En este evento, el día 7 se registró en Perote una temperatura máxima de 25°C y una temperatura mínima de 2°C (oscilación térmica de 23°C en 24 horas), y en Jalacingo 22°C y 1°C. Las condiciones reportadas sobre el viento mencionaban “viento del este y sureste de 25 a 35 km/h, rolando al sur mañana”, por lo que se tendría el efecto de una surada.

Del análisis de registros diarios de precipitación de las estaciones climatológicas de Las Minas (30089) y Las Vigas de Ramírez (30211) y de los percentiles 9-10 asociados a anomalías positivas que pueden ser relacionados con sucesos de eventos extremos, se encuentran la siguiente relación entre los valores de estas anomalías y las fechas de eventos de sistemas ciclónicos de la cuenca del Atlántico tropical que han incursionado a la parte norte del territorio veracruzano o a la región de estudio durante el periodo 1949-2000. Estas trayectorias tiene como origen la zona del Golfo de México, el mar Caribe o una región del arco de las Antillas Menores y por las precipitaciones acumuladas a

través de varios días, pueden considerarse como amenazas climáticas para los municipios de las Minas y Tatatila, Veracruz; sobre todo cuando éstos llegan a interaccionar con un frente frío como sucedió en el evento de 1999.

En el 2000 las precipitaciones que se presentaron el 25 de septiembre propiciaron que el Gobierno del estado de Veracruz solicitara la Declaratoria de Emergencia por desastre natural por lluvias atípicas que llegaron a afectar a Las Minas entre otros sitios más, y por las inundaciones que se presentaron del 26 al 10 de octubre. El boletín Hidrometeorológico No. 637 mencionaba la presencia de una onda tropical cercana a las costas de la Península de Yucatán, el huracán Isaac (a casi 430 km al este de la península), el frente frío No. 3, un sistema de alta presión y aire frío asociado. Las tres últimas condiciones darían lugar a precipitaciones localmente intensas, sobre todo en las regiones montañosas del estado de Veracruz, y viento fuerte del norte en la zona de costa .

Cuadro 17. Sistemas ciclónicos tropicales ocurridos dentro de algunos de las fechas identificadas dentro del percentil 9-10 de registros de precipitación.

Año	Sistema ciclónico tropical	Descripción
1949	H2 (20 a 23 septiembre)	Se origina N de Golfo de México alcanzando categoría 2 frente a la Laguna de Tamiahua y como H1 ingresa en lo que hoy es Boca del Río. En Las Minas durante los días del 20 al 28 de septiembre se acumularon 690 mm. Los días con mayor precipitación acumulada en 24 hrs, fueron: el **25 con 240mm**, el 27 con 127.5 mm y el 28 con 165 mm. En las Vigas de Ramírez los días 20 al 28 de septiembre se acumularon 488.5 mm. Los días con mayor precipitación acumulada en 24 hrs, fueron: el 24 con 80 mmm, el **25 con 189** mm, el 27 con 100 y el 28 con 66.5 mm.
1950	H2 Item (8 a 10 de octubre)	Se forma en la zona de de Campeche y como H2 impacta entre Alvarado y Boca del Río. En Las Minas durante los días del 8 al 12 de octubre se acumularon 400.6 mm. Los días con mayor precipitación acumulada en 24 hrs, fueron: el 9 con 60.5 mm, el **10 con 242 mm** y el 12 con 57.8 mm.

		En las Vigas de Ramírez los días 20 al 28 de septiembre se acumularon 349 mm. Los días con mayor precipitación acumulada en 24 hrs, fueron: el 9 con 98.5 mm y el **10 con 198.5 mm**.
1951	TT[6]George (20 a 21 de septiembre)	Durante los días en los que el sistema se comportó como TT no se registraron precipitaciones en las estaciones de Las Minas y Las Vigas de Ramírez; sin embargo los días previos en las Minas se registraron 72.5 mm el día 16 y 133.7 mm el día 17. En Las Vigas de Ramírez de 57.5 mm el día 16 y 137 mm el día 17. Este caso en particular puede ser considerado como un ejemplo de los acumulados de precipitación en 24 hrs que pueden estar asociados al paso de ondas tropicales y/o perturbaciones en etapa inicial de desarrollo, para el caso de la región de estudio.
1952	TT Charly (12 a 23 de gosto)	Se forma en la cuenca del Atlántico norte. El día 22 impacta la costa norte del estado de Veracruz. En Las Minas durante los días del 12 al 23 de agosto se acumularon 215 mm. Los días con mayor precipitación acumulada en 24 hrs, fueron: el 16 con 72.5 mm y el **17 con 133.7mm**. En las Vigas de Ramírez en los días 12 al 23 se acumularon 105 mm. Los días con mayor precipitación acumulada en 24 hrs, fueron: el 16 con 12.5 mm y el 17 **con 26.5mm**.
1954	TTFlorence (11 a 12 de septiembre)	Se forma en el Golfo de México. El día 12 impacta Nautla y llega hasta Martínez de la Torre y Tlapacoyan. En Las Minas durante los días del 5 al 15 de septiembre se acumularon 342.9 mm. El día 11 se registró la mayor precipitación acumulada en 24 hrs (**113.5 mm**). En las Vigas de Ramírez los días 7 al 14se acumularon 330.5 mm. Los días con mayor precipitación acumulada en 24 hrs, fueron: el 11 con **134.5 mm** y el 10con 82.5 mm.
1955	H Gladys (4 a 6 septiembre)	Toca tierra sobre Laguna de Tamiahua. Desborda el R. Pánuco e inunda la huasteca. En Las Minas durante los días del 1 al 4 de septiembre se acumularon 226.5 mm. Los días con mayor precipitación acumulada en 24 hrs, fueron: el 01 con 72 mm y el 2 con **109.5mm**. En las Vigas de Ramírez los días 1 al 4 se acumularon 273.5 mm. Los días con mayor precipitación acumulada en 24 hrs, fueron: el 1 con

[6] H= Huracán, TT=Tormenta Tropical, CT=Ciclón Tropical, OT=Onda Tropical

		94 mm y el 2 **con 77.5mm**.
1955	Major Huracán Hilda (H3 del 10 al 20 de septiembre)	Se genera sobre Arco de Antillas Menores, atraviesa Cuba y el día 16 pasa la Península de Yucatán como H3. El 19 impacta en el estado de Veracruz a la altura de Emilio Carranza. Causó daños en todo el estado. En Las Minas durante los días del 10 al 20 de septiembre se acumularon 73.7 mm. En las Vigas de Ramírez 63.5 mm.
1955	H Janet (H5 21 a 30 septiembre)	Tocó tierra entre Nautla y el Puerto de Veracruz con intensidad de categoría 5, después de causar daños a la Península de Yucatán, principalmente en Chetumal y Quintana Roo. Los sistemas Gladys, Hilda y Janet dejan muchas lluvias en Veracruz. En Las Minas durante los días del 21 a 30 de septiembre se acumularon 629.1 mm. El día 28 se registró la mayor precipitación acumulada en 24 hrs (**305 mm**) y el día 29 264.3 mm. En las Vigas de Ramírez los días 21 a 30 se acumularon 176 mm. El día con mayor precipitación acumulada en 24 hrs fue el día 28 con 98.5 mm.
1956	OT o Mayor Huracán Greta (H4 30 octubre a 7 noviembre)	Podría estar asociado con la precipitación registrada en Las Vigas de 107.3 mm en 24 hrs.
1959	TT Beulah (15 a 18 de junio)	Tocó tierra en norte de Veracruz. Del 6 al 25 de junio (20 días), se acumularon 260.2 mm en Las Minas. En las Las Vigas de Ramírez 196.0 mm. Ejemplo de impacto de un CT en la zona.
1960	Habby (10 a 16 de julio)	Se formó al SE del Arco de Antillas Menores ingresó al sur de estado de Veracruz y después se debilitó. Las Minas 74.2 mm en 24 hrs el día 16 julio 1960 y en Las Vigas de Ramírez 76.5 mm en 24 hrs. Acumulados del 10 al 16: 92.1 mm en Las Minas y 108 mm en Las Vigas de Ramírez.
1966	TT Hallie (20 a 22 septiembre)	Se formó en el parte w del Golfo de México e ingresó al n del Edo. deVeracruz. Las Minas 131.5 mm en 24 hrs. el 20 septiembre. En Las Vigas de Ramírez el 20 septiembre 220 mm en 24 hrs.
1966	H4 Inez (21 septiembre a 11 octubre)	Se origina en el Caribe. El día 26 alcanza la categoría de H e ingresa cerca de Tampico, Tamaulipas. Provoca desbordamientos de los ríos Tamesí y Pánuco. Contingencia sobre la que se cimienta el Plan DN-III-E en Veracruz. Las Minas 45 mm en 24 hrs. el 01 de octubre. En Las Vigas de Ramírez 18.3 mm en 24 hrs el 01

		de octubre.
1974	H2 Fifi (14 a 22 septiembre)	Las Minas 228 mm en 24 hrs el 20 de septiembre y en Las Vigas de Ramírez 129 mm en 24 hrs. Posibles valores asociados a la trayectoria del huracán
1980	TT Hermine (20 a 26 de septiembre)	Se forma al sur del mar Caribe provocando inundaciones en la parte sur del estado (Coatza, Tlacotalpan, Cotaxtla, etc.). En Las Minas los días 23 150 mm en 24 hrs., 24 172 mm en 24 hrs. En Las Vigas de Ramírez los días 23 150 mm en 24 hrs y día 24.
1984	TT Edouard (14 a 15 septiembre)	Se formó a 120 km de Punta Delgada impactando entre Alvarado y Boca del Río; ocasionó el desbordamiento del río Bobos entre otros daños más. Las Minas durante los días del 12 al 18 de septiembre se acumularon 544.5 mm registrándose las mayores acumulados en 24 hrs. los días 12 (117.5mm), 15 (114.5 mm) y 16 (159 mm). En las Vigas de Ramírez 395 mm del 12 al 18 de septiembre, los acumulados mayores en 24 hrs fueron: día 12 (98mm), 14 (82mm), 16 (79mm) y 18 (57mm). Pág102 libro inundaciones 2010.
1988	H1 Debby(31 agosto a 8 de septiembre)	Se origina frente a la costa de Campeche e impacta en la parte norte del estado de Veracruz. El 4 de septiembre se registran 153.9 mm en 24 hrs. en Las Minas. En Las Vigas de Ramírez 38mm.
1990	H2 Diana (4 a 9 de agosto de 1990).	En Las Minas los día 4 a 9 de agosto se acumularon 112.7mm y en Las Vigas de Ramírez 53 mm.
1993	H2 Gert (14 a 21 de septiembre)	Impacta al norte de Veracruz. En Las Minas durante los días 14 a 21 septiembre de 1993 se acumularon 195.7 mm y en Las Vigas de Ramírez 112 mm. Los suelos saturados por la lluvia pueden generar inundaciones y deslaves; así como afectaciones a la agricultura y ganadería
1995	H3 Roxanne (7 a 21 de octubre)	Origen sureste del mar Caribe, se mantuvo en el SW del Golfo de México durante 7 días y toca tierra en la costa central de Veracruz. El día 20 se acumularon en 24 hrs. 271.2 mm en las Minas y en las Vigas de Ramírez 267 mm del 10 al 20 de octubre de los cuales 98 mm se acumularon el día 20.
1996.	H1 Dolly (19 a 25 agosto)	Se forma al oeste del mar Caribe el 23 ingresa por Pánuco al estado de Veracruz dejando grandes daños a la agricultura y ganadería y deja un gran número de damnificados. Acumulado en Las Minas del 19 al 24 129.4 mm y en Las Vigas de Ramírez 118mm en el mismo periodo.

		Causó inundaciones muy fuertes en Tuxpan. El sistema interaccionó con el frente frío número 5, provocando lluvias extraordinarias (Garnica, R., 2004) Boletín del Instituto de Geografía de la UNAM.
1999	Depresión tropical (4 a 8 de octubre)	En Las Minas durante los días del 4 al 6 se acumularon 649.6 mm (el 44% de la precipitación acumulada anual del periodo 1951-2000). En Las Vigas de Ramírez 248 mm (el 22% de la precipitación acumulada anual del periodo 1951-2000).

El estudio que se encuentra realizando la Universidad Veracruzana incluye las tendencias y proyecciones de cambio climático para los municipios de Las Minas y Tatatila, Veracruz.

II.1.1.5. **Geología**

El origen geológico de la región de estudio se remonta al Mesozoico, período en que se originó la Sierra Madre Oriental, la cual se constituye principalmente de rocas sedimentarias carbonatadas que se depositaron sobre un basamento paleozoico y precámbrico, en un ambiente marino y en condiciones de transgresión, lo que explica su composición calcárea en los niveles inferiores, pasando progresivamente a depósitos terrígenos (Gobierno del estado de Veracruz, 2000).

El mapa geológico elaborado para este estudio muestra que en los municipios de Tatatila y las Minas predominan las rocas calizas, intercaladas con basalto, basalto-toba básica, así como tobas ácida, intermedia y básica. (ver mapa de Geología, Figura 34)

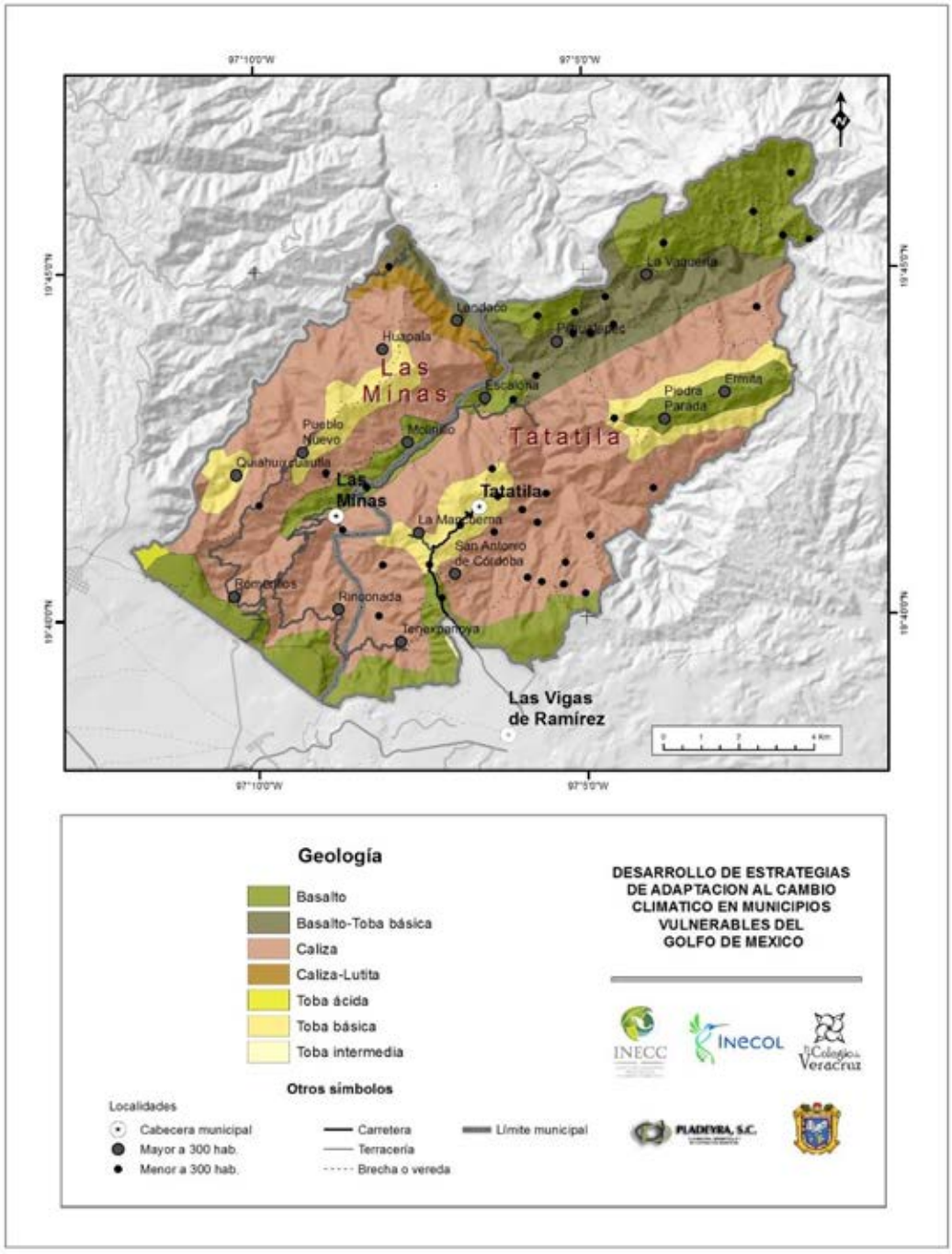


Figura 34. Mapa de Geología de los municipios de Tatatila y Las Minas. Fuente: INEGI carta geológica escala 1:250,000

En el municipio de Las Minas predominan las calizas (62.3 % del territorio municipal) y el basalto, con un 16.3 % del área, este último se distribuye alrededor de las zonas donde se encuentran las calizas, mientras que las tobas se localizan en el centro del municipio. En Tatatila las calizas ocupan una superficie equivalente a casi 48 % del área y el basalto se encuentra distribuido en el 16.3% de la superficie del municipio (Cuadro 18 y Figura 35).

Cuadro 18. Superficie que ocupan los tipos de rocas en los municipios de Las Minas y Tatatila

Tipos de rocas	Las Minas Sup (ha)	Tatatila Sup (ha)
Basalto	826.5	2,701.2
Basalto-Toba básica	201.1	1,209.7
Caliza	3,161.4	4,374.4
Caliza-Lutita	280.7	4.4
Toba acida	44.9	0.0
Toba básica	562.9	887.5
Toba intermedia	0.0	13.7

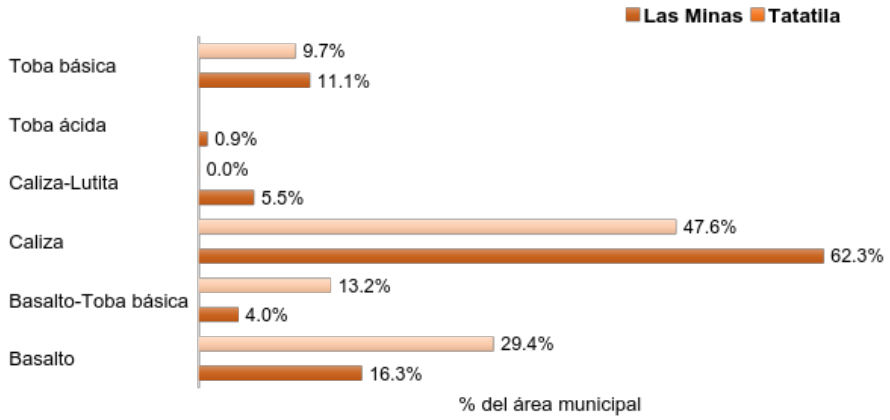


Figura 35. Proporción de área por tipos de rocas en los municipios de Las Minas y Tatatila.

II.1.1.5.1. **Geología económica**

Veracruz no ha sido un estado productor de minerales metálicos, particularmente si se compara con otros estados de la república como Hidalgo, Guanajuato o Zacatecas. Sin embargo, regiones como las de Tatatila-Las Minas,

Chiconquiaco-Palma Sola y Los Tuxtlas tienen mineralización moderada en asociaciones de plata, plomo y zinc, aunque en la actualidad la explotación está prácticamente suspendida (Coremi, 1994).

De acuerdo con el Servicios Geológico Mexicano (2010) , …el descubrimiento del distrito minero de Tatatila-Las Minas, considerado como uno de los más notables de la entidad, se remonta al año de 1680; se tienen referencias de bonanzas auro-argentíferas muy ricas, tanto en tonelaje como en ley (Cownley José, 1831). Las minas mas relevantes por su importancia histórica son: El Alto, Espíritu Santo, Juambrán, Arenal, Santa Cruz, Chorreadura Verde, Rosario, Muertos y Sabanilla. En el año de 1825, tres españoles denunciaron de las minas mas importantes de Tatatila; posteriormente en el año de 1826, la Compañía Mexicana adquirió las minas del distrito de Tatatila mediante un contrato de 20 años. Las minas que se trabajaron en esta época fueron: El Alto (oro, cobre), San Antonio (oro), La Sabanilla (cobre), Espíritu Santo (oro) y Juambrán (cobre, oro).

Los antecedentes de explotación sistematizada en el distrito de Tatatila inician a mediados del siglo XIX, los acontecimientos importantes fueron los siguientes.

- En 1870 un señor de apellido Queenby, compró algunas minas e instaló un molino de 5 mazos en Zomelahuacán.
- Entre 1872-1873 se presentaron 20 denuncios mineros en el área.
- En 1884 Francisco Frida, adquirió las propiedades del señor Queenby, amplió el molino e intensificó la actividad minera de Zomelahuacán.

La actividad minera mas relevante del distrito de Tatatila se desarrolló en la primera mitad del siglo XX, siendo las principales actividades las siguientes:

- Entre 1906-1918 se trabajó activamente en este distrito, con sucesión continua de diversos propietarios, en su mayoría extranjeros.
- Entre 1952-1953 Republic Steel Co. llevó a cabo exploración, con barrenación y obra minera, en los depósitos ferríferos de San Pedro y Palacios (Tatatila).

A partir de entonces y hasta la fecha, solo han existido períodos cortos de actividad por parte de pequeños mineros y gambusinos.

Elizarrarás y Morales Barrera mencionan que “otros yacimientos importantes son los materiales pétreos, los cuales están relacionados con los enormes bancos de rocas carbonatadas ubicados principalmente en la región central. Las calizas son la materia prima para la fabricación de cemento, industria que tiene una gran importancia en la economía del estado. En el área de Tatatila-Las Minas, los depósitos de caliza fueron afectados por intrusivos graníticos terciarios, los cuales produjeron importantes bancos de mármol “ .

Entre las Plantas Activas de Minerales no Metálicos, el Servicio Geológico Mexicano (2010) reporta para el municipio de Las Minas la presencia de una Unidad de Transformación denominada “Marmolinas y Granos de San Antonio” que extrae 5 ton/día con un sistema de operación de trituración y la sustancia beneficiada es caliza. También se registra la presencia en Tatatila de la empresa de Procesamiento de Mármoles Granados, S.A. de C.V. que se encuentra explotando y explorando para incrementar sus reservas de mármol.

II.1.1.6. **Geomorfología**

De acuerdo con Lucio-Palacio *et al*. (2014):

"La región donde se localizan los municipios de Tatatila y Las Minas presenta una topografía abrupta y cuenta con macizos montañosos y cañadas de diferente profundidad. Pertenece en su mayor parte a la subprovincia fisioFigura de la Sierra de Chinconquiaco, dentro de la provincia del eje Neovolcánico (Medina–Chena, et al. 2011). Está conformada por estructuras volcánicas acumuladas a lo largo de 19 millones de años (Espinosa y Ocegueda, 2007), entre las que se incluyen colados de lava, depósitos de ceniza, cuencas cerradas ocupadas por lagos y estructuras de calderas volcánicas (Medina–Chena, et al. 2011).

Las geoformas principales son montañas y laderas modeladas, con algunos remanentes de flujos de lava. Estas elevaciones se asocian con cañadas mientras que otras presentan mesetas y rampas. A lo largo de los principales escurrimientos de agua y de sus deltas, existen valles intermontanos que reciben la influencia de las zonas altas

Como resultado de esta intrincada geomorfología, la zona tiene una fisonomía abrupta que permite que en montañas, laderas y cañadas persistan fragmentos de bosques templados, principalmente de encinares y bosques mesófilos, que aún no son objeto de alteraciones antropogénicas. Sin embargo, cuando sí lo son, lo abrupto de las inclinaciones hace que procesos de degradación de estos ecosistemas se aceleren por la pérdida de cobertura vegetal y escorrentía."

Por su parte, el Ordenamiento Ecológico de la cuenca del río Bobos (Gobierno del estado de Veracruz, 2000) describe el paisaje morfogenético de esta zona como conformado predominantemente por:

Montañas cárcico-erosivas, las cuales se localizan en la parte media-alta de la cuenca del río Bobos. Se constituyen de calizas y lutitas del Jurásico, Cretácico y Terciario. Es importante señalar que, por sectores, se puede apreciar el afloramiento de mármoles, resultado del metamorfismo de contacto de las calizas (río Las Minas). Por otra parte, solo en esta zona se encuentran rocas del Jurásico, las más antiguas de esta cuenca. En esta unidad son frecuentes las cimas redondeadas, subredondeadas y mixtas, sobretodo en la parte alta de la misma y en cerros de orientación S-N.

El alto grado de humedecimiento condiciona elevados valores de disección horizontal (3-5 km/km^2). Son característicos los procesos cársicos, favorecidos además, por las altas precipitaciones. Por esto, son frecuentes los carsolitos y por partes, el lapiéz.

El mapa de Geoformas (figura 37) muestra la predominancia de las montañas, las cuales ocupan el 44 % del territorio municipal de Las Minas y el 31.4 % de Tatatila. Por la superficie que abarcan, la geoforma que le sigue en importancia son las laderas modeladas, con el 36.4 % del área de Tatatila y el 16.2 % en Las Minas. Finalmente, los valles estructurales y de contacto litológico ocupan el tercer lugar, particularmente en Tatatila con cerca de 18 % del área mientras que en Las Minas se encuentran en el 15.6 % de su superficie.

Figura 36. Formaciones montañosas en el camino a Tatatila

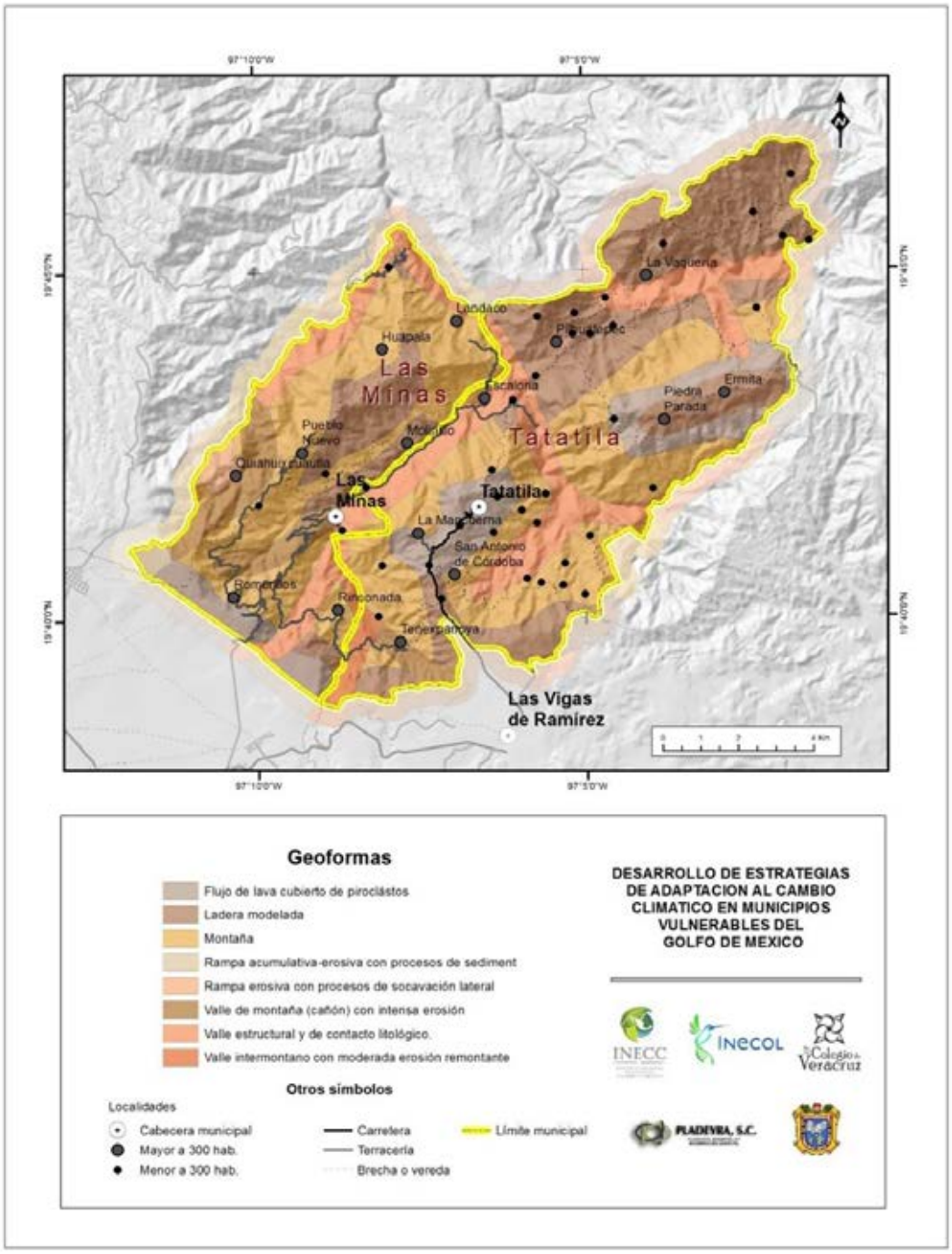


Figura 37**.** Geoformas predominantes en los municipios de Las Minas y Tatatila. Fuente: Ortiz–Pérez, M.A. y O. Oropesa–Orozco. 2010. Regionalización geomorfológica. En: Atlas regional de impactos derivados de las actividades petroleras en Coatzacoalcos, Veracruz. Primera edición. México.

Figura 38. Proporción del área municipal por tipo de geoforma en los municipios de Las Minas y Tatatila.

Cuadro 19. Superficie que ocupan las geoformas en los municipios de Las Minas y Tatatila

Geoforma	Las Minas Sup (ha)	Tatatila Sup (ha)
Flujo de lava cubierto de piroclastos	377.8	1,013.2
Ladera modelada	823.5	3,342.1
Montaña	2,239.3	2,881.7
Rampa acumulativa-erosiva con procesos de sedimentación	68.6	0
Rampa erosiva con procesos de socavación lateral	105.1	0
Valle de montaña (cañón) con intensa erosión	617.2	141.3
Valle estructural y de contacto litológico	794.6	1,649.5
Valle intermontano con moderada erosión remontante	51.4	163.1

II.1.1.7. **Hidrología**

Como se planteó anteriormente, los municipios de Las Minas y Tatatila pertenecen a la cuenca del río Bobos-Nautla, la cual se localiza dentro de la Región Hidrológica (RH) Tuxpan-Nautla. El río Bobos-Nautla desemboca en el Golfo de México a través de la barra de Nautla; su parteaguas occidental colinda con la cuenca del río Tecolutla, al noroeste con la del río Solteros, al sur con la cuenca cerrada de Perote y con la cuenca del río La Antigua, y al sureste con las cuencas de los ríos Actopan y Misantla.

Esta cuenca tiene características hidrometeorológicas especiales, ya que se encuentra en una franja intertropical, por lo que constantemente se ve afectada por tormentas tropicales y masas de aire polar, lo que ocasiona un alto porcentaje de lluvias, propiciando que los ríos y arroyos presenten escurrimientos todo el año (CFE, 1995) . Aunado a lo anterior, es una de las cuencas hidrológicas más cortas del estado de Veracruz (aprox. 50 km) y en este pequeño tramo recorre varios pisos altitudinales que van desde los 4,000 msnm hasta el nivel del mar.

La fuerte actividad volcánica y tectónica que estructuró el relieve de esta región cercana a la costa, dio lugar a que ésta se conformara como una cuenca relativamente corta, con un fuerte gradiente altitudinal y grado de alineación perpendicular a la costa (Gobierno del estado de Veracruz, 2000).

El límite suroriental de la cuenca lo constituye un sistema de altiplanicies, montañas y lomeríos -altos y medios- que forman parte de la sierra de Chiconquiaco, dispuestos desde las alturas del Cofre de Perote hasta la costa, que actúan como un gran receptor de humedad al detener la mayor parte del agua que entra proveniente del golfo a la zona central del estado de Veracruz. Un ejemplo de esto es la humedad que se acumula en las alturas del municipio de Las Vigas sobre las paredes de la falla geológica de El Bordo en forma de densas nubes, donde se condensan y precipitan.

Figura 39. Afloramiento de una cascada en la falla geológica de El Bordo, camino a la cabecera de Las Minas.

La intensa capacidad de captación y el marcado gradiente altitudinal que caracterizan a la cuenca del río Bobos la convierten en una cuenca de rápida respuesta en el incremento de sus caudales bajo los efectos de precipitaciones extremas sobre suelos y mantos saturados. Estas características provocan inundaciones periódicas y extraordinarias como las que se presentaron durante el mes de octubre de 1999.

Hacia la zona de emisión, esta cuenca desarrolla una llanura costera sedimentaria sobre una estrecha franja litoral, con poca inclinación y altitud respecto al nivel del mar, lo que aunado a una fuerte tendencia a la deposición de sedimentos marino eólicos tiende a dificultar la salida de agua y sedimentos continentales. Su única salida franca por superficie hacia el Golfo de México es la desembocadura del río Bobos a través de la barra de Nautla. Todo esto da lugar a que la franja de salida de la energía hidráulica del sistema tienda a acumular un fuerte potencial de energía que, llegado el momento de precipitaciones constantes

o máximas, inunda antiguos brazos de río abandonados y abra bocanas sedimentadas. Por ser además una cuenca de rápida respuesta, este proceso de acumulación y rompimiento de barras puede ocurrir de forma muy rápida, afectando con inundaciones recurrentes a los asentamientos cercanos a los cauces (Gobierno del estado de Veracruz, 2000).

Debido a las características planteadas anteriormente, esta cuenca dispone de potencial para la generación de energía, el aprovechamiento del paisaje, además de que en ella se desarrollan una gran diversidad de condiciones naturales que posibilitan múltiples formas de producción primaria (Figura 40, Mapa de red hidroFigura). De hecho, los escurrimientos en esta cuenca son aprovechados por la Comisión Federal de Electricidad para generar energía eléctrica a través de tres plantas hidroeléctricas principales:

a. Las Minas, localizada en la confluencia del arroyo Borregos y el arroyo El Suspiro, junto al pueblo del mismo nombre; esta planta tiene una capacidad de 14,400 kw/h.

b. El Encanto, localizada a un kilómetro aguas arriba de la confluencia de los ríos Bobo y Tomata, aprovecha las aguas de este último, tiene una capacidad de 10,000 kw/h.

c. Altotonga, en el pueblo homónimo, provee energía que se utiliza para abastecer parcialmente a esa población, con una capacidad instalada de 3,000 kw/h.

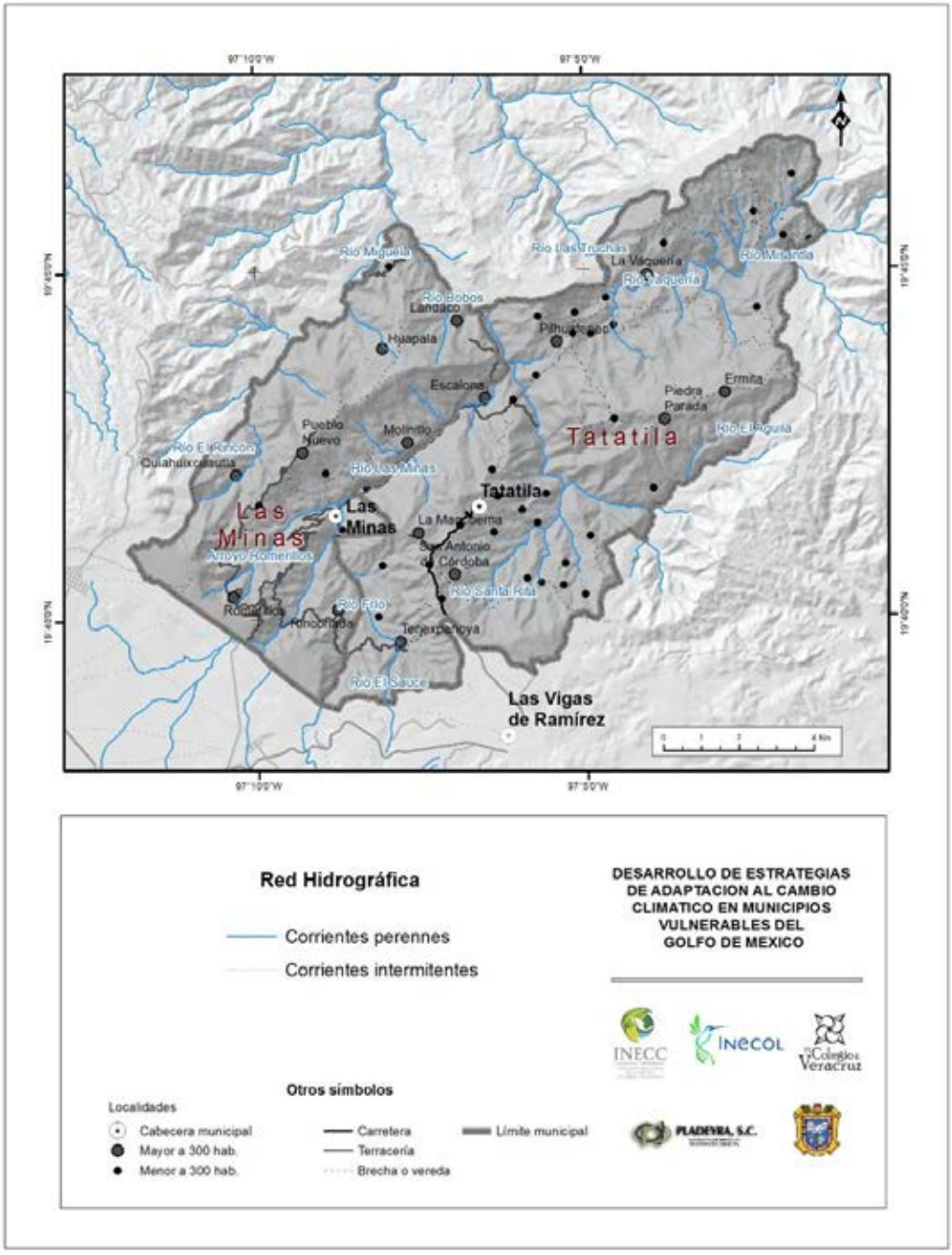


Figura 40. Mapa de la red hidroFigura en los municipios de Tatatila y Las Minas, Ver.

II.1.1.8. **Tipos de suelo**

Los principales tipos de suelo presentes en los municipios de Las Minas y Tatatila son los andosoles y el luvisol (Mapa de Suelos, Figura 41). Los suelos predominantes son de tipo luvisol, característicos de zonas serranas y de lomeríos, con alto contenido de materia orgánica; si bien suelen ser profundos, son muy susceptibles a la erosión. Por su parte los andosoles se asocian a formaciones volcánicas, principalmente en laderas y lomeríos. Son suelos esponjosos, que se caracterizan por su alto potencial de retención hídrica (siempre y cuando cuenten con una cubierta vegetal) y su fertilidad es baja.

En Tatatila predominan los suelos de tipo luvisol, con el 98.3 % del territorio municipal y en Las Minas ocupan el 93.1 % (cuadro 20 y figura 42).

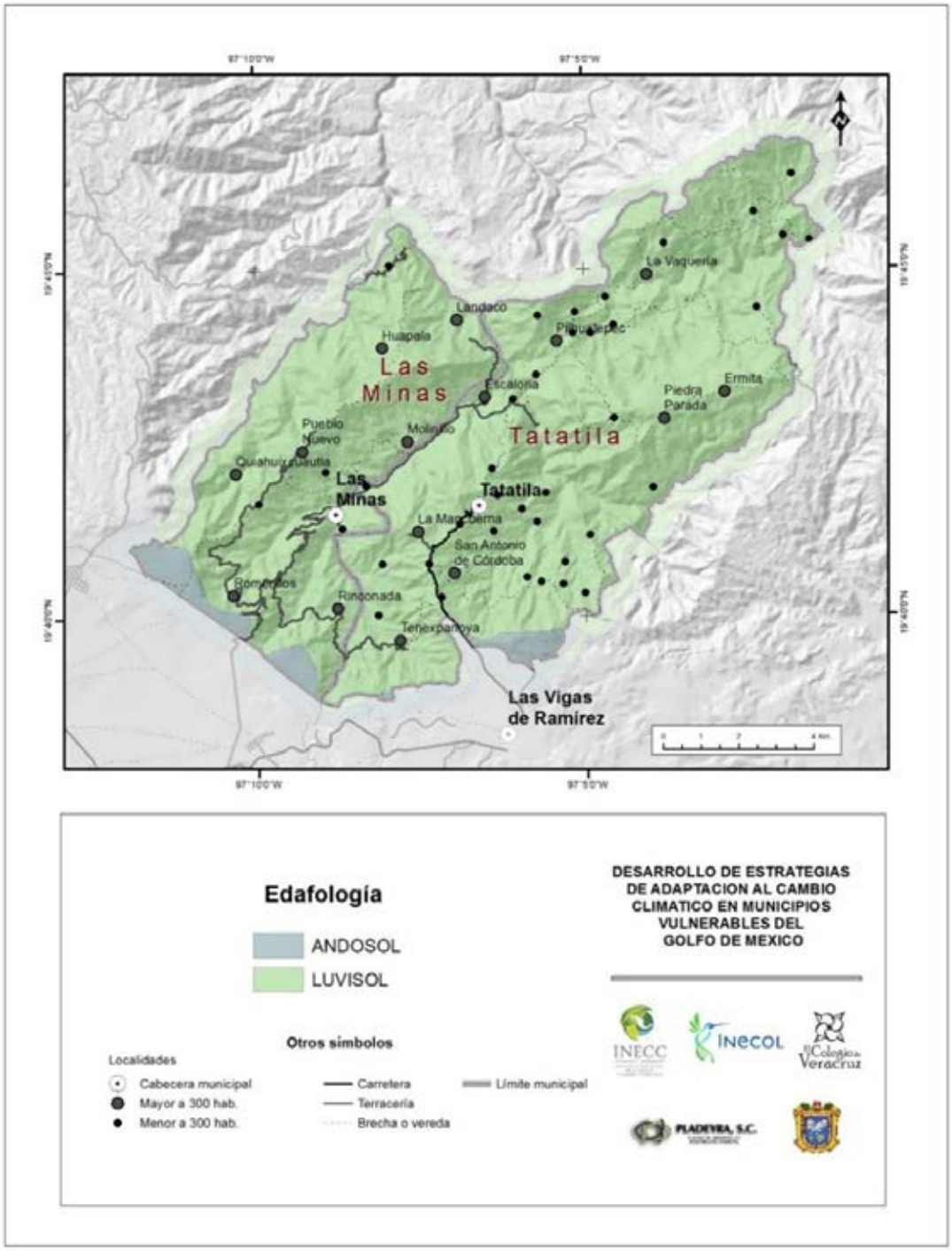


Figura 41. Mapa de tipos de Suelo en los municipios de Las Minas y Tatatila

Fuente: INEGI Serie II escala 250,000

Cuadro 20. Superficie por tipo de suelo presente en los municipios de Las Minas y Tatatila

Suelo	Las Minas Sup (ha)	Tatatila Sup (ha)
Andosol	348.0	157.9
Luvisol	4,696.0	8,971.5

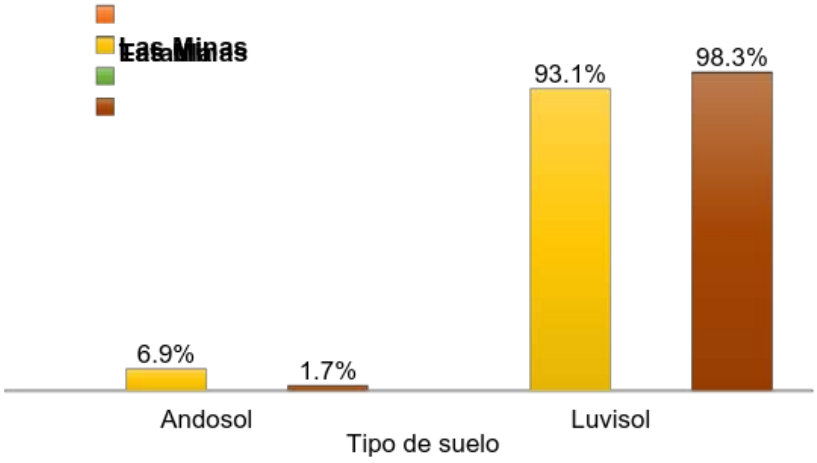


Figura 42. Tipos de suelo (% del área municipal) en Las Minas y Tatatila

Según la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo FAO (2007), los suelos presentes en esta zona se describen de la siguiente manera:

II.1.1.8.1. **Luvisoles**

Son suelos que tienen mayor contenido de arcilla en el subsuelo que en el suelo superficial como resultado de procesos pedogenéticos (especialmente migración de arcilla) que lleva a un horizonte subsuperficial *árgico*. Los Luvisoles tienen arcillas de alta actividad en todo el *horizonte árgico* y alta saturación con bases a ciertas profundidades.

Descripción resumida de Luvisoles

Connotación: Suelos con una diferenciación pedogenética de arcilla (especialmente migración de arcilla) entre un suelo superficial con menor y un subsuelo con mayor contenido de arcilla, arcillas de alta actividad y una alta saturación con bases a alguna profundidad; del latín *luere*, lavar.

Material parental: Una amplia variedad de materiales no consolidados incluyendo till glaciario, y depósitos eólicos, aluviales y coluviales.

Ambiente: Principalmente tierras llanas o suavemente inclinadas en regiones templadas frescas y cálidas con estación seca y húmeda marcadas.

Desarrollo del perfil: Diferenciación pedogenética del contenido de arcilla con un bajo contenido en el suelo superficial y un contenido mayor en el subsuelo sin lixiviación marcada de cationes básicos o meteorización avanzada de arcillas de alta actividad; los Luvisoles muy lixiviados pueden tener un horizonte eluvial *álbico* entre el horizonte superficial y el horizonte subsuperficial *árgico*, pero no tienen las *lenguas albelúvicas* de los Albeluvisoles.

Manejo y uso de Luvisoles

La mayoría de los Luvisoles son suelos fértiles y apropiados para un rango amplio de usos agrícolas. Los Luvisoles con alto contenido de limo son susceptibles al deterioro de la estructura cuando se labran mojados con maquinaria pesada. Los Luvisoles en pendientes fuertes requieren medidas de control de la erosión.

Los horizontes eluviales de algunos Luvisoles están tan empobrecidos que se forma una estructura laminar desfavorable. En algunos lugares, el subsuelo denso ocasiona *condiciones reductoras* temporarias con un *patrón de color stágnico*. Estas son las razones por las que los Luvisoles truncados en muchas instancias son mejores suelos agrícolas que los suelos originales no erosionados.

Los Luvisoles en la zona templada se cultivan ampliamente con granos pequeños, remolacha azucarera y forraje; en áreas en pendiente, se usan para huertos, forestales y/o pastoreo.

II.1.1.8.2. **Andasoles**

Suelos que se desarrollan en eyecciones o vidrios volcánicos bajo casi cualquier clima (excepto bajo condiciones climáticas hiperáridas). Sin embargo, los Andosoles también pueden desarrollarse en otros materiales ricos en silicatos bajo meteorización ácida en climas húmedos y perhúmedos.

Descripción resumida

Connotación: Típicamente, suelos negros de paisajes volcánicos; del japonés *an*, negro, y *do*, suelo.

Material parental: Vidrios y eyecciones volcánicas (principalmente ceniza, pero también tufa, pómez y otros) u otro material rico en silicato.

Ambiente: Ondulado a montañoso, húmedo, y regiones árticas a tropicales con un amplio rango de tipo de vegetación.

Desarrollo del perfil: La meteorización rápida de vidrios o eyecciones volcánicas resulta en la acumulación de complejos órgano-minerales estables o minerales de bajo grado de ordenamiento como alofano, imogolita y ferrihidrita. La meteorización ácida de otro material rico en silicato en climas húmedo y perhúmedo también lleva a la formación de complejos órgano-minerales estables.

Manejo y uso de Andosoles

Los Andosoles tienen un alto potencial para la producción agrícola, pero muchos de ellos no se usan hasta su capacidad. Generalmente son suelos fértiles, particularmente los Andosoles en ceniza volcánica intermedia o básica y no expuestos a lavado excesivo. La fuerte fijación de fosfato de los Andosoles (causada por Al y Fe libres) es un problema. Las medidas de mejora para reducir

este efecto incluyen la aplicación de calcáreo, sílice, material orgánico, y fertilización fosfatada.

Los Andosoles son fáciles de cultivar y tienen buenas propiedades de enraizamiento y almacenamiento de agua. Los que se encuentran fuertemente hidratados son difíciles de labrar por su baja capacidad de carga y adhesividad.

Los Andosoles se cultivan con una variedad amplia de cultivos incluyendo caña de azúcar, batata (tolerante a bajo nivel de fosfato), té, vegetales, trigo y cultivos hortícolas. Los Andosoles en pendientes pronunciadas se mantienen mejor bajo bosque.

El Ordenamiento Ecológico de la cuenca del río Bobos analizó la aptitud de los suelos presentes en esta zona, evaluando su compatibilidad con los cultivos más frecuentes en la región, información que se sintetiza a continuación ya que puede orientar las opciones ante los escenarios futuros de cambio climático.

Síntesis de la compatibilidad de los suelos con los diferentes cultivos presentes (cuenca del río Bobos-Nautla)

Suelos/Cultivos	Frijol	Haba	Maíz	Trigo	Alverjón	Avena	Cebada	Papa	Aguacate	Manzana	Guayaba	Ciruela	Pera	Perón	Piñón
Andosol úmbrico	C	C	C	C	PC	C	C	C	PC	C	C	C	C	C	C
Luvisol háplico	C	I	C	I	I	PC	PC	I	PC	PC	PC	PC	I	I	I

Suelos/Cultivos	Capulín	Pastos	Café	Plátano	Papaya	Vainilla	Pimienta	Caña	Litchi	Limón Persa	Limón Agrio	Mandarina	Naranja
Andosol úmbrico	PC	PC	PC	I	I	I	I	I	PC	PC	PC	PC	PC
Luvisol háplico	PC	PC	PC	C	I	PC	PC	PC	PC	PC	PC	PC	PC

Suelos/Cultivos	Tangerina	Piña	Toronja	Sandía	Chile Verde	Jitomate	Tomate
Andosol úmbrico	PC	I	PC	I	I	I	I
Luvisol háplico	PC	I	PC	I	PC	PC	PC

C = Compatible: El cultivo puede realizarse. Las propiedades morfogenéticas del suelo son adecuadas a los requerimientos ecológicos de la planta.
PC= Parcialmente Compatible: El cultivo puede realizarse con limitaciones. Necesidad de diseño de manejo o de administración de insumos para obtener buena producción.
I= Incompatibles: El cultivo no debe realizarse. Las propiedades morfogenéticas del suelo no son adecuadas a los requerimientos ecológicos de la planta.

II.1.1.9. Grado de inclinación de las pendientes

El ángulo de inclinación de las pendientes es un índice morfométrico que expresa la inclinación de una porción de la superficie terrestre con respecto a un plano horizontal. El reconocimiento de la inclinación de las laderas es un elemento fundamental para el análisis de muchos procesos geomorfológicos, hidrológicos, edafológicos y ecológicos, así como para la evaluación de los procesos erosivos, de deslave, derrumbe e inundación. La inclinación de la superficie controla los procesos gravitacionales determinando en gran medida la dirección en que se mueve el agua, los sedimentos y, con ello, la energía.

La escasez de investigaciones geoFiguras aplicadas al monitoreo de la calidad del suelo dificulta sobremanera la delimitación cartoFigura de zonas críticas para la conservación, restauración y rehabilitación de suelos. Sin embargo, *la erosión potencial* es un indicador útil para prevenir y en su caso mitigar procesos de pérdida de suelo ya que incorpora análisis cartograficas de los principales factores que causan los procesos erosivos: uno de ellos, posiblemente el mas relevante es la pendiente del terreno, el que aunado a información sobre la erosividad de la lluvia, susceptibilidad de los tipos de suelo y la presencia de cobertura forestal, permiten identificar con certeza las zonas de mayor peligro de erosión.

La representación del mapa de pendientes se da en grados de inclinación a partir de la clasificación propuesta por Spiridonov, (1981) que se muestra en el Cuadro 21.

Cuadro 21. Clasificación de Spiridonov para la inclinación de las laderas.

Rango (grados)	Tipo
< 1°	Pendientes planas
1°-3°	Pendientes muy suavemente inclinadas
3°-5°	Pendientes suavemente inclinadas
5°-10°	Pendientes ligeramente inclinadas

10°-15°	Pendientes ligera a medianamente inclinadas
15°-20°	Pendientes medianamente inclinadas
20°-30°	Pendientes fuertemente inclinadas
30°-45°	Pendientes muy fuertemente inclinadas
>45°	Pendientes abruptas

El mapa de pendientes (figura 44) muestra claramente la fuerte inclinación (> a 30°) de las pendientes en una parte muy importante del territorio de ambos municipios, mas del 60% de la superficie municipal, mientras que las pendientes de 15 a 30° prácticamente ocupan el resto del área de estos dos municipios (32.8% en Tatatila y 26.8% en Las Minas). Solo pequeñas porciones que van desde ligeramente inclinadas hasta planas (de 15° hasta < 1°) las encontramos principalmente en la zona suroccidental de Las Minas y en la porción sur de Tatatila, cerca del municipio de Las Vigas, así como en los valles de los ríos y en algunas mesetas ubicadas en las montañas y lomeríos. (figura 45).

La cabecera municipal de Las Minas es un ejemplo de lo anterior ya que se localiza en la base de una profunda cañada que, de acuerdo con los pobladores, fue seleccionada como asentamiento por los españoles que venían en busca de oro y plata, precisamente por ser un sitio poco visible y aislado, rodeado de fuertes pendientes.

Figura 43.Plaza central de la cabecera municipal de Las Minas

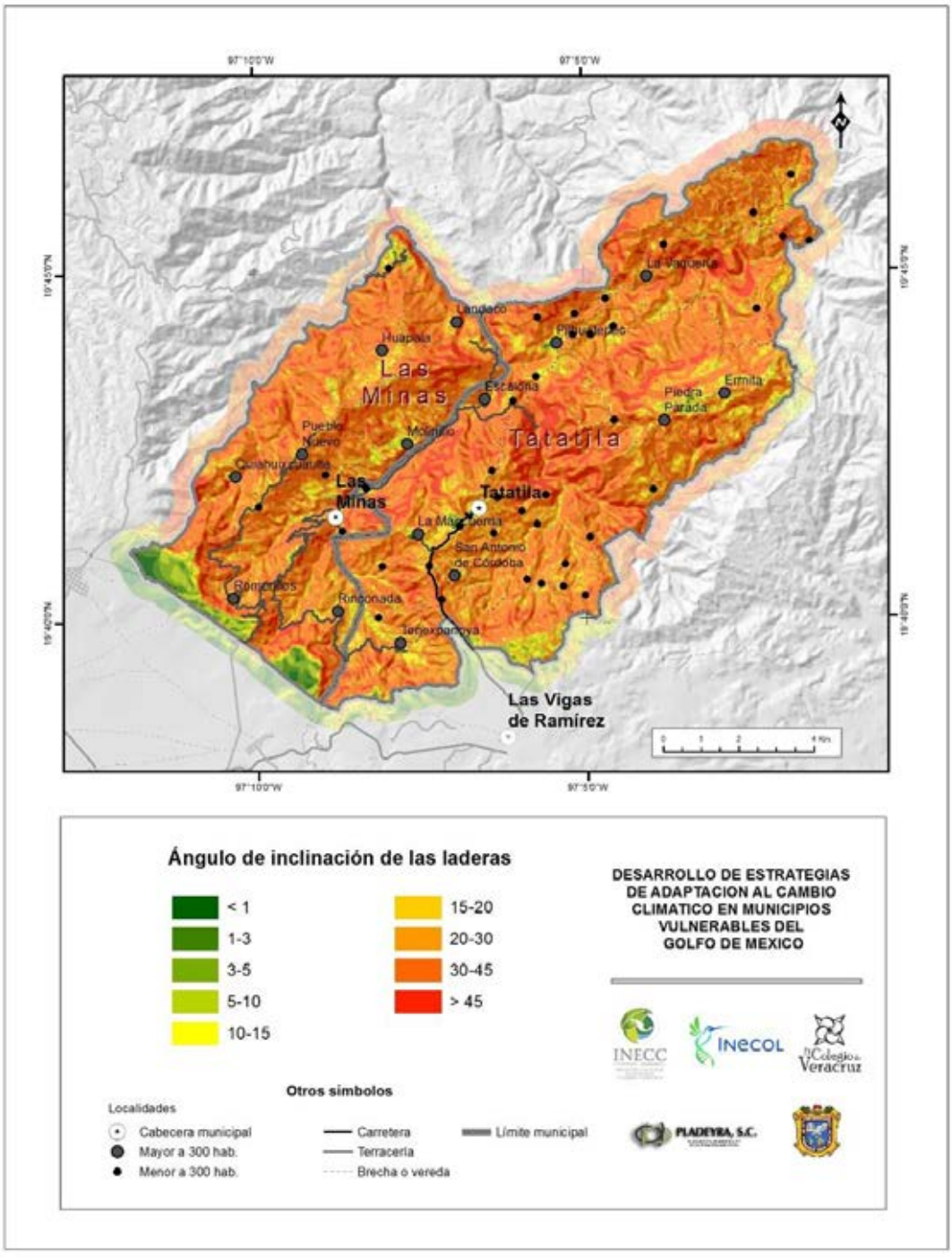


Figura 44. Mapa de pendientes de los municipios de Las Minas y Tatatila

Fuente: Elaboración propia Pladeyra-Inecol

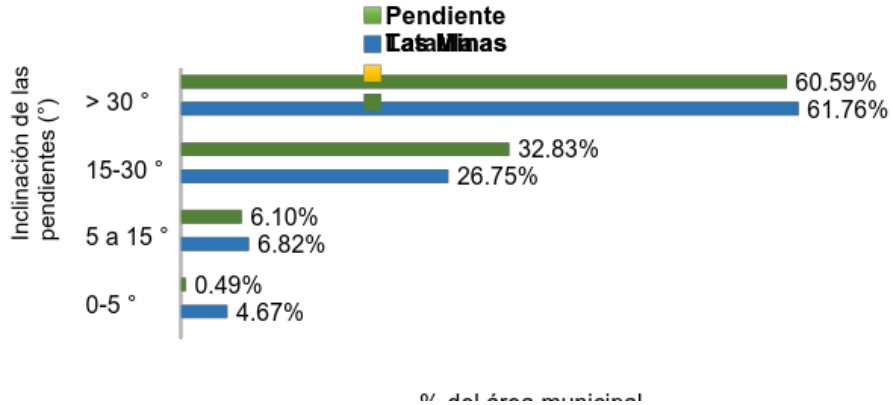


Figura 45. Pendientes (% del área) en los municipios de Las Minas y Tatatila

II.1.2. **Evaluación de las variables del medio biológico: vegetación y usos del suelo**

En ambos municipios predomina vegetación de zonas templadas y de zonas de mezcla con zonas más tropicales: bosque de encino (casi la tercera parte), bosque de pino en una proporción muy baja, bosque mesófilo (tercera parte). El bosque perturbado y los pastos conjuntan alrededor de otra tercera parte. El uso agrícola es sumamente bajo (figura 46).

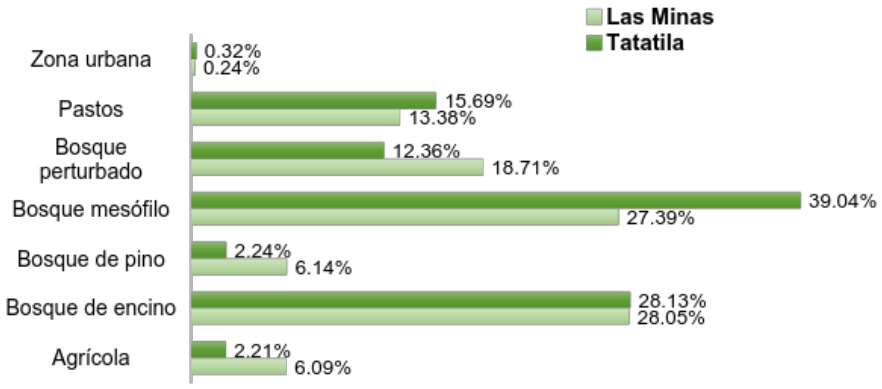


Figura 46. Vegetación y uso del suelo para ambos municipios

Cuadro 22. Superficie (ha) de vegetación y uso del suelo en ambos municipios

Vegetación y usos del suelo	Las Minas	Tatatila
	Superficie (ha)	
Bosque de encino	1,424.4	2,585.3
Bosque de pino	311.7	206.1
Bosque mesófilo	1,390.5	3,588.4
Bosque perturbado	949.9	1,136.0
Agrícola	309.4	203.5
Pastos	679.4	1,441.7
Zona urbana	12.3	29.7
Total municipal	5,077.5	9,190.8

Las figuras de pays (figura 47 a) muestran para ambos municipios que los bosques conservados ocupan entre el 62 y el 70% de la superficie y si se incluyen los bosques perturbados alcanza algo más del 80%. Debido a las pendientes presentes en el muncipio y a la actual cubierta boscosa, la vocación clara de estos municipios es forestal y de conservación o protección.

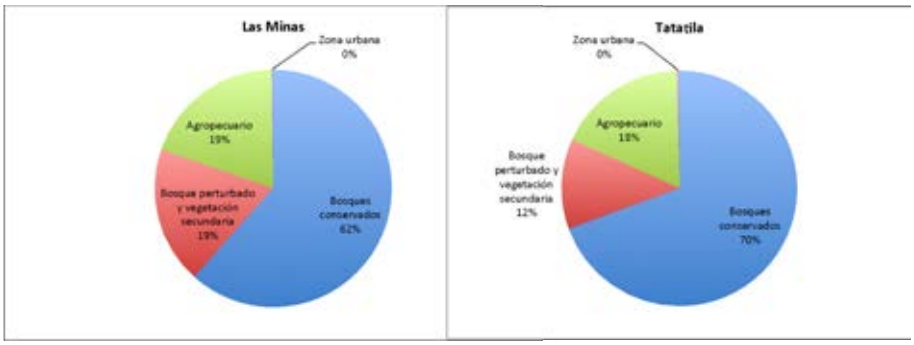


Figura 47. a. Superficie (ha) y porcentaje que ocupa el bosque conservado, el bosaue perturbado y la vegetación secundaria y el uso agropecuario en los municipios de Tatatila y Las Minas.

La figura 47 b muestra la distribución de la vegetación en ambos municipios. Como se puede apreciar en el mapa, la cubierta vegetal es fundamentalmente arbórea y con un buen estado de conservación. Los usos del suelo productivo solo se desarrollan en las zonas más planas sobre todo en lso valles y en algunas crestas y ocupan una baja superficie territorial, por lo que la

vocación está ligada al uso y manejo de bosques. El bosque de pino se distribuye hacia el extremo suroeste, mientras que el bosque de encino y el esófilo de montaña se encuentran ampliamente distribuidos. Los bosques perturbados se localizan principalmente en alderas, mientras que los terrenos agrícolas y con pastos se encuentran sobre todo en los valles y también en algunas crestas. Los cultivos son principalmente de higueras. También hay café mezclado con el bosque mesófilo.

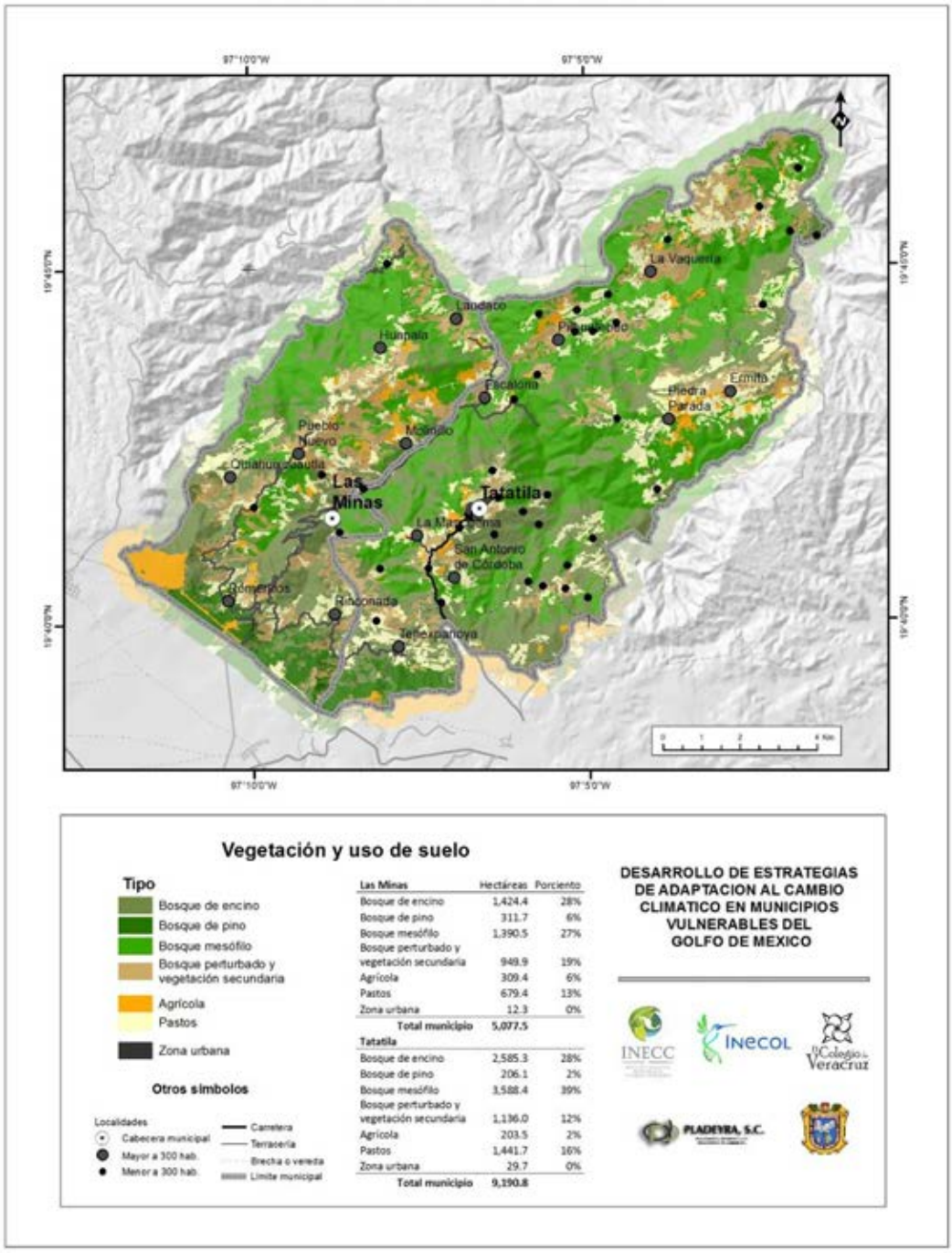


Figura 14 b. Mapa que muestra la distribución de la vegetación y el uso del suelo en los municipios de Tatatila y Las Minas.

El bosque mesófilo de montaña denominado también bosque de Niebla, se presenta en el centro del estado de Veracuz bajo un clima húmedo de altura, en límite altitudinal inferior de 900 msnm y superior alrededor de 2,300 msnm y no depende tanto de la temperatura sino de la humedad. La precipitación media anual de este tipo de vegetación nunca es inferior a los 1 000 mm y la temperatura media anual oscila entre los 12 y 23 °C (Rzedowski, 1978). Durante la época de lluvias, que dura de 8 a 12 meses, prácticamente llueve todo el día, por lo que este tipo de bosque se observa verde todo el año. Se distribuye de manera discontinua por la Sierra Madre Oriental, desde el suroeste de Tamaulipas hasta el norte de Oaxaca y Chiapas y por el lado del Pacífico desde el norte de Sinaloa hasta Chiapas, encontrándose también en pequeños manchones en el Valle de México. Se desarrolla fundamentalmente sobre terreno accidentado y sobre laderas de pendiente pronunciada como la presente en estos municipios.

Fisonómicamente, el bosque mesófilo es denso, con una cobertura continua del dosel superior. Alcanza

entre 15 a 35 m de alto, aunque su altura depende del grado de conservación. Incluye elementos arbóreos tanto perennifolios como caducifolios y aunque en muchas zonas del estado predominan los segundos, lo común es que el bosque clímax nunca se observa sin follaje. Es uno de los tipos de vegetación más diverso y rico que existen en nuestro país, y concentra una parte importante de la flora endémica de México. Tiene una gran diversidad y riqueza de elementos epífitos, particularmente orquídeas. Ejemplos de las principales especies que lo forman son *Liquidambar styraciflua, Quercus* spp*., Tilia* spp., *Podocarpus reichei* y *Nephelea mexicana*, entre otras Muchas de las áreas donde se ubica tienen historias biogeoFiguras diferentes y por lo tanto existe un recambio de especies que las hace particularmente complementarias y más interesantes desde el punto de vista biológico.

Este tipo de bosqeue ocupa una superficie de 4,978 ha en los municipios bajo estudio. Sine mbargo cabe decir que los cafetales bajo sombra se desarrollan bajo las mismas condiciones ambientales, y en las imágenes de satélite utilizadas para evaluar las coberturas de los distintos tipos de vegetación, no se puede distinguir entre cafetales de sombra y bosques de mesófilo.

Los bosques de encino en Veracruz, se dividen dentro de dos grupos climáticos principales: los templados y los de zonas cálidas (Gómez-Pompa, 1978). En el caso de los municipios de Tatatila y Las Minas, corresponde a un bosque templado cuya dsitribución está dada por el clima. Los encinares cálidos presentan gran afinidad climática con los bosques tropicales, sin embargo, el factor edáfico es el que determina el brusco cambio en la fisonomía y la composición florística (Pennington y Sarukhán, 1998). En Veracruz los fragmentos de encino ocupan una superficie de 20 100 ha y en Tatatila y Las Minas ocupan 4009 hectáreas. Es decir que la quinta parte de los encinares del estado se localizan en estos dos municpios.

Los encinares templados generalmente son de mayor tamaño y de diámetros considerablemente mayores que los tropicales y los árboles dominantes llegan a alcanzar hasta 40 m de altura y están asociados al bosque mesófilo de montaña. Las especies más comunes son *Quercus laurina, Q. germana* y Q. *Xalapensis*, conocidos como robles. Éste es uno de los tipos de vegetación que ha sido fuertemente degradado, y prácticamente no existen fragmentos de encinares en buen estado de conservación y tampoco existen áreas protegidas que los incluyan. Por lo tanto proteger los pocos fragmentos o remanentes de encinares que quedan debe ser prioritario.

II.1.3. Marco metodológico para evaluar la vulnerabilidad al cambio climático

Previo a la descripción de los métodos que se utilizarán para evaluar la vulnerabilidad es necesario definir qué entendemos por este concepto ya que existe una diversidad de formas de definirlo que pueden conducir a métodos muy diferentes. Según el IPCC, la vulnerabilidad es "la medida en que un sistema es susceptible a, o incapaz de afrontar, efectos adversos del cambio climático, incluidos la variabilidad y los extremos climáticos. La vulnerabilidad es una función del carácter, la magnitud y el ritmo de variación climática a los que un sistema está expuesto, su sensibilidad y su capacidad de adaptación" (McCarthy *et al.* 2001) .

Esta definición incluye, explícitamente, factores externos (exposición) e internos (sensibilidad y capacidad de adaptación) y permite tomar en cuenta tanto factores socioeconómicos como biofísicos (véase el Cuadro 23). Las Figuras 48 y 16 sintetizan de manera esquemática los factores que intervienen en el análisis de la vulnerabilidad.

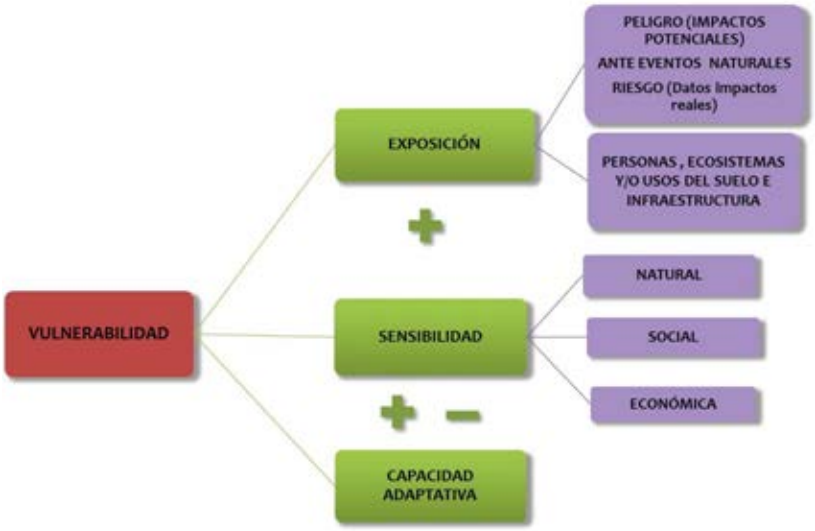


Figura 48. Esquema de los factores (externos e internos) que intervienen en la vulnerabilidad ante el cambio climático de acuerdo con la definición del IPCC. Los signos + y – indican que la ausencia o presencia de capacidades adaptativas incrementa o disminuye la vulnerabilidad.

Los pasos a seguir para llevar a cabo el análisis de la vulnerabilidad frente al cambio climático parten del análisis de los componentes naturales y socioeconómicos enfocado en primer lugar a definir las zonas con mayores **peligros** ante eventos naturales y de contarse con información se incorporan datos reales de eventos y sus impactos en los municipios para así identificar el **riesgo** actual. En paralelo se analizan las variables que permiten reconocer y delimitar territorialmente un índice de **sensibilidad socioeconómica** y un indicador que sintetice la **importancia de los ecosistemas como amortiguadores de los impactos del cambio climático**.

Posterior a esta etapa se identifican las zonas con mayores niveles de **exposición** de la población, los ecosistemas, las actividades productivas y la infraestructura, mediante la superposición de los mapas de peligros con esta información, identificando aquellos lugares donde los habitantes, sus bienes y sus actividades económicas se encuentran más expuestos y por tanto los **impactos potenciales** y la **vulnerabilidad socioambiental** son mayores. Este proceso se esquematiza en la Figura 49. La capacidad de adaptación (+ o –) es un indicador que se construye combinando aspectos de la valoración ecosistémica con condiciones sociales, políticas y de carácter organizativo de la sociedad, y este indicador va a actuar como un modulador de la vulnerabilidad.

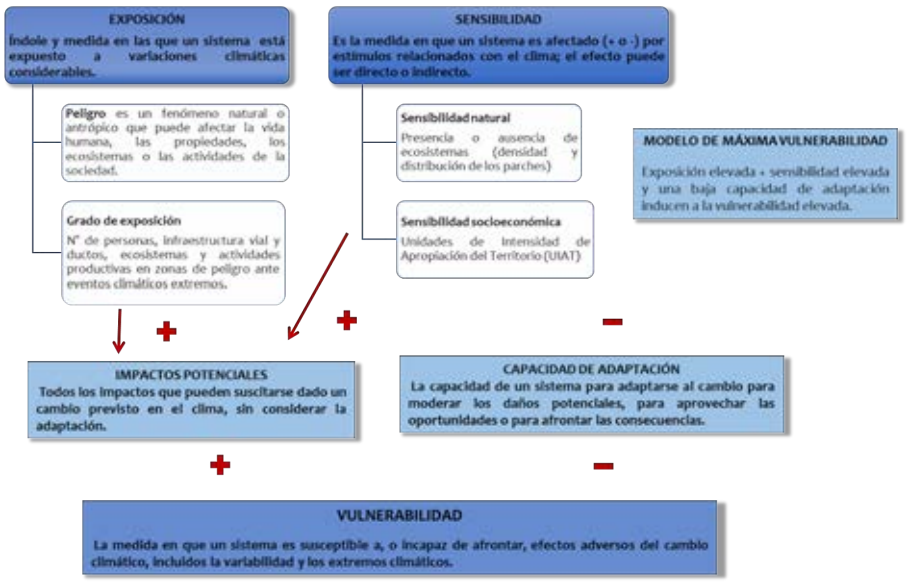


Figura 49. Componentes de la Vulnerabilidad: Síntesis del proceso de su construcción. Los signos debajo de las flechas significan que la exposición elevada, la sensibilidad elevada y la baja capacidad de adaptación inducen a la vulnerabilidad elevada.

Cuadro 23. Categorías de algunos factores considerados en la vulnerabilidad (modificado de Füssel 2007, citado por Locatelli et al., 2009) .

Esfera	Ámbito Socioeconómico	Columna1 Biofísico
Interna	Densidad de población, condiciones de la vivienda, niveles educativos y de acceso a servicios de salud, grado de marginación, hogares con jefatura femenina, viviendas con dispositivos de comunicación, redes sociales, acceso a información, conectividad terrestre, tasa de participación económica, rendimientos agropecuarios, razón de dependencia económica, tasa de desempleo, etc.	Clima, datos históricos de T y Pp, topografía, tipo de suelos y rocas, pendientes, densidad de drenaje, cobertura de vegetación, tipos de ecosistemas, biodiversidad, índice de verdor y complejidad estructural, proporción de superficie bajo protección (ANP-APC), formas de uso del suelo, rendimientos agropecuarios y grado de presión del uso circundante a los remanentes de vegetación.
Externa	Políticas nacionales y estatales y programas municipales, ayuda internacional, globalización económica	Frecuencia e intensidad de tormentas severas, sequías, terremotos, inundación, desbordamiento de cauces, movimientos de ladera (susceptibilidad a la erosión, derrumbes, deslizamientos), cambio del nivel del mar...etc.

El proceso diseñado para este estudio coincide con los métodos de evaluación de vulnerabilidad y planificación para la adaptación (ej. el Marco de Políticas para la Adaptación del PNUD-FMAM) que propone que se debe partir del análisis de la vulnerabilidad actual, basados en que la tarea más inmediata es la adaptación a las amenazas actuales, las que deben ser claramente identificadas, para después considerar la forma en que se verán alteradas con los escenarios de cambio climático.

II.1.3.1. **Identificación de las zonas sujetas a peligros ante eventos climáticos**

Se llevó a cabo la evaluación de los peligros ante diferentes eventos a través de la construcción de modelos teóricos de máximo peligro, procurando calibrar estos modelos con datos de eventos reales (actuales e históricos) para

identificar el riesgo real de los sitios sujetos a evaluación. En el caso de los municipios de Tatatila y Las Minas se contó con datos de los eventos de octubre de 1999, que fueron descritos a detalle en el apartado de Clima. Estos resultados serán enriquecidos con la información obtenida a través de los talleres, cuestionarios y entrevistas realizados en campo, incorporando la visión de los pobladores sobre los impactos que estos eventos tienen en sus vidas y sus actividades productivas, para así construir el diagnóstico de la vulnerabilidad socioambiental y el análisis de los diferentes peligros a los que se exponen estos municipios.

II.1.3.2. **Peligro de erosíon**

La erosión potencial es un indicador útil para prevenir y en su caso mitigar procesos de pérdida de suelo ya que en su estimación incorpora mapas parciales sobre los principales factores que causan los procesos erosivos: pendiente del terreno, erosividad de la lluvia, susceptibilidad de los tipos de suelos y presencia de cubierta vegetal. Con estos mapas temáticos integrados en el SIG, es posible identificar las porciones del territorio que tienen mayor peligro de erosión, y también aquellas áreas donde este peligro presenta valores máximos y se ha suprimido la cubierta vegetal, con lo cual se generan inevitablemente procesos de degradación del suelo.

De acuerdo con Geissert y Enríquez (2014*), la erosión hídrica es un problema de gran magnitud en las cuencas hidroFiguras, tanto en áreas rurales como urbanas, porque deteriora la calidad del suelo y del agua, provoca sedimentación e incrementa el riesgo de inundación. El proceso erosivo se debe a los efectos adversos sobre la infiltración, la capacidad de retención de agua, la disponibilidad de nutrientes, el contenido de materia orgánica, el espesor del suelo y la biota edáfica* (Pimentel, 2000).

La estimación del peligro por erosión actual (o erosión potencial) se construyó con base en un modelo teórico de peligro de erosión similar al utilizado en la región de los Tuxtlas, adecuándolo a las condiciones locales de las variables del medio natural de Tatatila y Las Minas (ver Figura 50). En este modelo se observan los parámetros involucrados y su correspondiente peso ponderado en el modelo: cobertura por tipo de vegetación y usos del suelo (peso de 40%), grado de inclinación de la pendiente (peso de 30%) concentración anual de la precipitación (peso de 15%) y características de los suelos (peso de 15%).

Como fuente de información para la precipitación se utilizó la información del mapa de CONABIO escala 1:1, 000, 000. La fuente información para el tipo de suelo fue obtenido de INEGI de la carta edafológica serie II escala 1:250,000. La pendiente fue calculada a partir del continuo de elevaciones mexicano (3.0) de INEGI con resolución de 15 m por pixel elaborado por el Instituto de Ecología A.C., a partir de las curvas de nivel de las cartas vectoriales 1: 50 000 en el programa de ArcGis 10.2. Y por último la capa de Vegetación se generó en el INECOL a partir de imágenes de satélite del sensor Rapid Eye del año 2013 con una resolución de 5 m.

Los criterios para la clasificación de estos componentes naturales fueron las siguientes: en el caso de la variable de más peso, que es la Vegetación y usos del suelo, se parte de la premisa de que los paisajes que cuentan con una buena cubierta arbórea y arbustiva son menos susceptibles a sufrir procesos erosivos importantes, mientras que aquellos donde se llevan a cabo actividades que dejan el suelo descubierto, como son cultivos temporales, el suelo queda expuesto a la lluvia y a los movimientos de ladera. En cuanto al Ángulo de Inclinación de la Pendiente, este fue considerado en el análisis de expertos y a través de la verificación de imágenes satelitales como el factor que determina en gran medida

(aunado a la presencia de cubierta vegetal) los procesos erosivos del suelo. La energía potencial del relieve contenida en superficies muy inclinadas determina la fuerza de acarreo de suelo, lo que combinado con una elevada fuerza de la precipitación y la susceptibilidad por el tipo de suelo provoca condiciones para la erosión de este recurso.

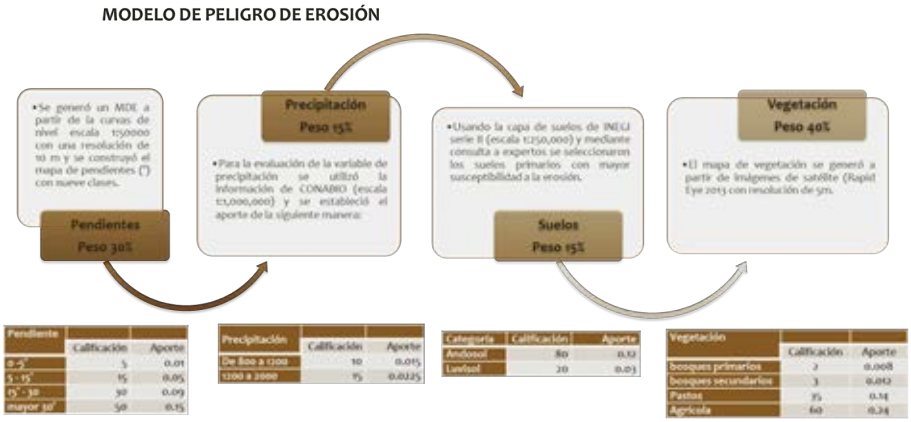


Figura 50. Modelo de peligros de erosión

II.1.3.2.1. **Resultados del análisis de peligro de erosión**

En los municipios de las Minas y Tatatila identificamos que a pesar de ser una zona montañosa con fuertes pendientes, predomina el peligro medio a los procesos erosivos (65% en Las Minas y 68% en Tatatila), lo cual se debe principalmente a la presencia de cobertura arbórea (bosques de encino y mesófilo de montaña) en las laderas más abruptas, que evita el impacto de la lluvia sobre el suelo. (Mapa de peligro de erosión, Figura 54)

El trabajo de campo permitió identificar que la apertura de las vías de comunicación y la introducción de infraestructura (ductos) de la CFE para la conducción de agua a las presas son dos de los factores desencadenantes de la erosión del suelo, sobre todo en los sitios donde no se cuida que los taludes mantengan una inclinación adecuada y además cuenten con cubierta vegetal.

Figura 51. En la ladera se observa un ducto de la CFE para la hidroeléctrica de Las Minas

Figura 52. Talud en el camino a Las Minas

Las Minas es el municipio que tiene una mayor superficie expuesta a niveles altos de peligro de erosión (582.3 ha, equivalente a 11.5% del territorio municipal). En este municipio se observaron más zonas con el suelo descubierto por la tala de árboles para producir carbón y el desmonte para la introducción de ganado así

como algunas áreas con agricultura de temporal. En Tatatila es menor la superficie con alto peligro de erosión (634.2 ha, cerca de 7% del municipio). En los alrededores de la cabecera municipal de este municipio se observaron plantaciones de higuera. (figura 53).

Figura 53. Plantación de higueras cerca de la cabecera municipal de Tatatila

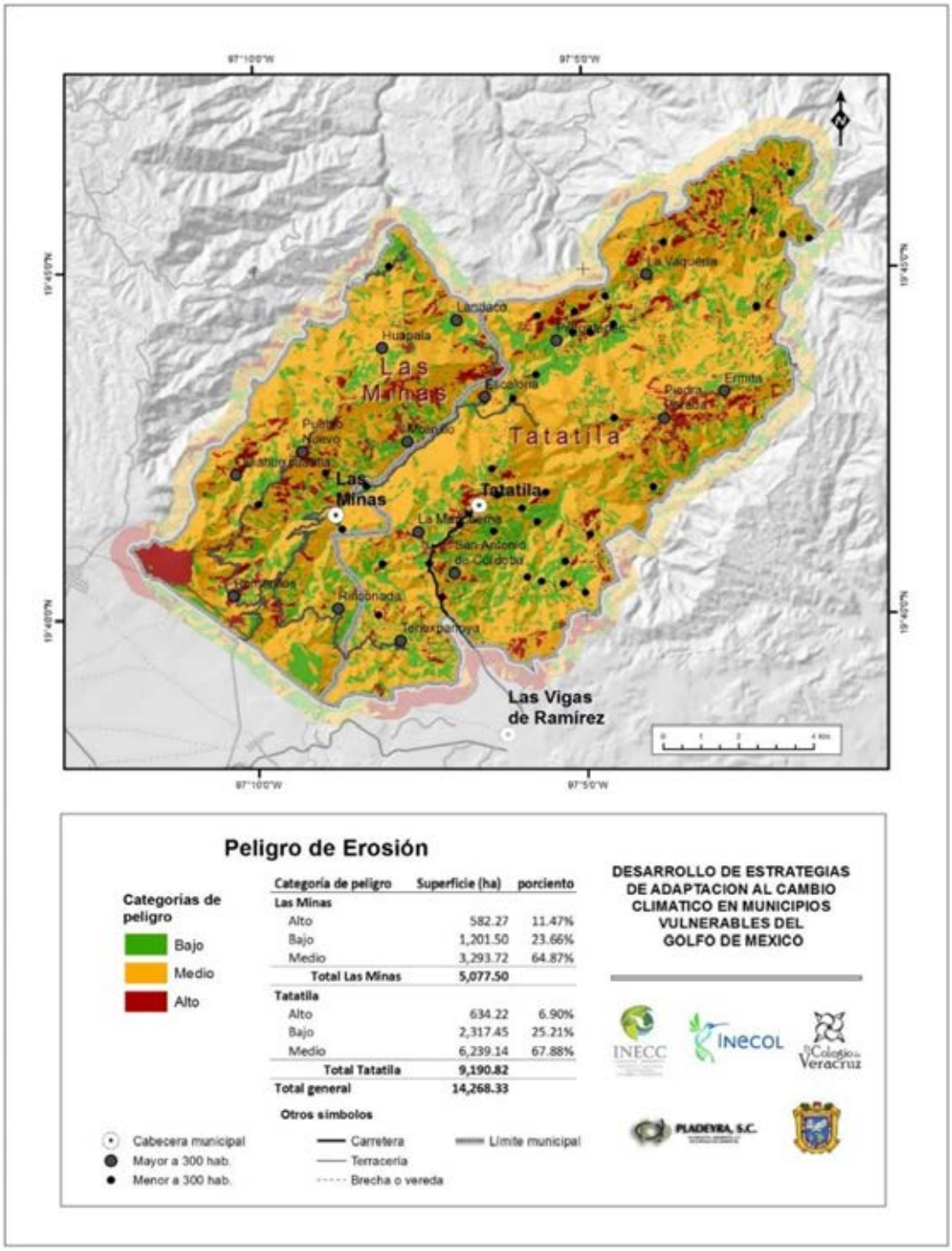
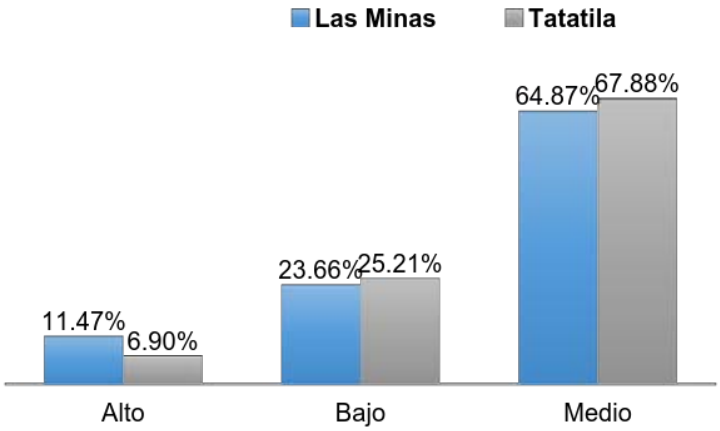


Figura 54. Mapa de Peligro de Erosión en los municipios de Las Minas y Tatatila, Ver. Fuente: Elaboración propia Pladeyra-INECOL

La zona plana con alto peligro de erosión que se aprecia en el valle de Perote (porción suroccidental del mapa) se debe a la ausencia de vegetación y su clasificación alta se origina por la forma de ponderar este componente en el modelo. Posiblemente sea una zona sujeta a erosión pero en este caso eólica, no hídrica como sucede en el resto del territorio.

Categoría de peligro de erosión	Superficie Ha
Municipio de Las Minas	
Alto	582.27
Bajo	1,201.50
Medio	3,293.72
Municipio de Tatatila	
Alto	634.22
Bajo	2,317.45
Medio	6,239.14



Cuadro 24. Superficie municipal por peligro de erosión.

Figura 55. Proporción del territorion municipal según peligro de erosión

Figura 56. Ladera con alto peligro de erosión por la tala de encinares para madera y elaboración de carbón. Municipio de Las Minas.

II.1.3.3. **Peligro de derrumbes y deslizamientos de ladera**

Como se planteó en la metodología de la región de Los Tuxtlas, los derrumbes y deslizamientos resultan de la interacción de procesos hidrológicos con procesos geológicos. Estos procesos geológicos pueden desencadenarse por las condiciones hidrológicas o pueden darse de forma independiente. En general, los derrumbes y deslizamientos son resultado de una lluvia fuerte y duradera, cuando los suelos se saturan y la estabilidad de la pendiente ya no se puede mantener (Highland y Bobrowsky, 2008).

Estos fenómenos son favorecidos por la inclinación de las pendientes, la intensidad de la precipitación y el suelo arcilloso, lo cual los torna muy pesados cuando se saturan de agua. El nivel de peligro se ve acentuado por la construcción de carreteras las cuales desestabilizan algunas zonas que de por sí ya son frágiles. La cantidad y/o intensidad de lluvia necesaria para activar un ***evento de derrumbe o deslizamiento*** depende de las propiedades de la tierra y el grado de la pendiente, o sea de lo inclinado del relieve. Por consiguiente, el clima, en general, y las previsiones de lluvia tienen que ser transformadas en advertencias en tiempo real a nivel local y en planes de protección civil que se deben establecer para tal efecto. Pero sobre todo, debe haber una amplia difusión entre los posibles afectados de los peligros que pueden enfrentar y de las acciones que contemplan los planes para su prevención.

Los derrumbes se presentan dentro de caminos geológicos y topoFiguras bien definidos. La alta densidad y el movimiento rápido del fenómeno crean un alto potencial para destruir construcciones u otro tipo de infraestructura en su camino. La cartografía del peligro puede llevarse a cabo para delinear las áreas de alto peligro basadas en el análisis del terreno. Cuando sea factible, se puede hacer uso de rastros de huellas de antiguos derrumbes y deslaves (Highland y Bobrowsky, 2008). Estos fenómenos suelen ocurrir en pequeña escala cuando se

compara con inundaciones en las riberas de los ríos o las costas. Esto, y la lejanía de muchas áreas que son particularmente proclives a los movimientos de ladera, implican la necesidad de desarrollar y fortalecer las actividades de preparación y respuesta rápida a nivel local.

Para la construcción de los mapas de peligro de derrumbes y deslizamientos se utilizó la cartografía integrada en el SIG, generándose una intersección entre las capas que a continuación se mencionan para cada caso, y a partir de las premisas que en cada una de ellas se establecen.

Precipitación. Conforme la concentración de la lluvia y la cantidad de la misma es mayor, se incrementa el peligro tanto de derrumbes como de deslizamientos. Es complicado medir exactamente las curvas de acumulación de lluvia para la zona debido a la carencia de información de estaciones meteorológicas cercanas y de la variación microclimática para las zonas montañosas del área de estudio, que es donde existe más peligro de que se presenten estos movimientos. Es de destacar que precisamente en la zona con mayores precipitaciones se carece de estaciones climatológicas.

Angulo de la pendiente. Es otro de los factores de mayor peso en los modelos ya que determina la velocidad con la que las masas de lodo o piedras pueden caer o deslizarse. Las pendientes más elevadas y por encima del nivel de equilibrio de los taludes (45°) son más susceptibles a los movimientos de ladera, aunque esta relación no es lineal, y hay espacios que son muy inclinados pero las características edafológicas hace que el peligro disminuya pues son suelos bien drenados y bien consolidados, o porque el suelo es muy delgado.

Vegetación y uso del suelo. En el caso de los deslizamientos, la presencia de vegetación arbórea normalmente aumenta el nivel de este peligro debido al

incremento en el peso de los árboles cuando se acumulan valores altos y frecuentes de precipitación. Aunque el sistema radicular de los árboles ancle el suelo, con el peso y las precipitaciones intensas, aunado a la saturación del suelo, aquellos bloques con vegetación tienen más peso y por tanto se pueden deslizar más que los que no tienen vegetación.

Tipos de Suelos. El valor de peligro será más alto para aquellos suelos arcillosos, mientras que a los suelos delgados, francos o limo-arenoso y superficiales se les asignaron los valores menores.

Tipo de rocas. Entre menos consolidado sea el material se incrementa el peligro de que las rocas se derrumben; los factores desencadenantes de la ruptura y desprendimiento son varios, pendientes abruptas, sismos, acumulación de lluvia intensas, construcción de carreteras, entre otros.

II.1.3.3.1. **Evaluación del peligro de derrumbes en Las Minas y Tatatila**

En este análisis partimos de definir a los derrumbes como el desprendimiento de grandes bloques de rocas del macizo principal y su ulterior transporte por la pendiente. Este es un proceso más localizado y puede ocurrir en cualquier tipo de litología, a condición de que se rompa el perfil de equilibrio durante eventos telúricos o que ocurra la ruptura de las rocas por profundización de las diaclasas y fisuras existentes en el paquete rocoso, como consecuencia de la sobresaturación hídrica o modificaciones introducidas por infraestructura o actividades humanas.

Al igual que en la región de Los Tuxtlas, la estimación del peligro de derrumbes en la zona alta de la cuenca del río Bobos (Tatatila y Las Minas) resulta imprescindible ya que por ser una zona de altas precipitaciones y pendientes

abruptas, frecuentemente se ve sujeta a la interrupción de las vías carreteras por el derrumbe de laderas inestables, impidiendo el movimiento de los pobladores. La evaluación de este peligro se construyó con base en un modelo teórico de máximo peligro de derrumbes (Figura 57) en el que se observan los parámetros involucrados y su correspondiente peso ponderado en el modelo: ángulo de Inclinación de la pendiente (peso de 70%) concentración anual de la precipitación (peso de 20%) y características de los rocas (peso de 10%).

Para el modelo de derrumbes se utilizaron las capas de Pendientes, la precipitación acumulada y el tipo de roca. Como fuente de información para la precipitación se utilizó la información del mapa de CONABIO escala 1:1 000 000. El tipo de roca se obtuvo del mapa de Geología de INEGI escala 1:250 000 y por último la pendiente fue calculada a partir de un modelo digital con resolución de 15 m por pixel elaborado por el Instituto de Ecología A.C., a partir de las curvas de nivel de las cartas vectoriales 1:50 000 en el programa de ArcGis 10.2.

Figura 57. Modelo de peligro por derrumbes

II.1.3.3.1.1. **Resultados del análisis de peligro de derrumbes**

De acuerdo con el mapa de peligro de derrumbes (Figura 58), dada su geomorfología, los dos municipios tienen superficies considerables expuestas a derrumbes, en ambos casos con mas del 60 % de sus territorios (Cuadro 25, Figura 59). El resto de la superficie corresponde en su mayoría a zonas con peligro medio, en Tatatila esta categoría abarca casi el 28% de su superficie, mientras que en Las Minas equivale a 23 %. Son pocos los terrenos con peligro bajo a derrumbes, en Las Minas cerca de 786 ha y en Tatatila 1,092.5 ha.

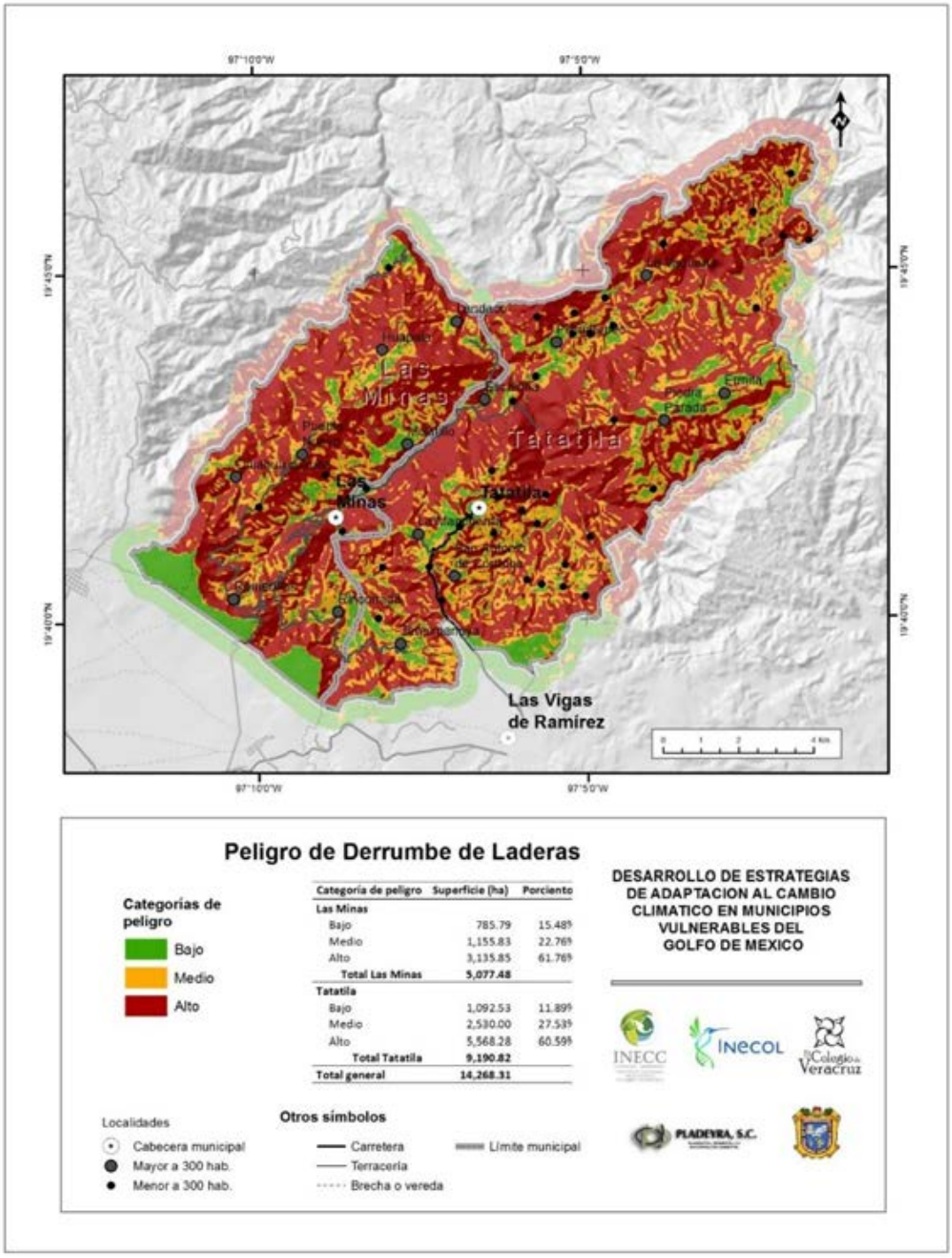


Figura 58. Peligro de derrumbes en los municipios de Las Minas y Tatatila, Ver. Fuente: Elaboración propia Pladeyra-INECOL

Categoría de peligro de derrumbe	Superficie ha
Municipio de Las Minas	
Alto	3,135.85
Bajo	785.79
Medio	1,155.83
Municipio de Tatatila	
Alto	5,568.28
Bajo	1,092.53
Medio	2,530.00

Cuadro 25. Superficies por peligro de derrumbe en Las Minas y Tatatitla.

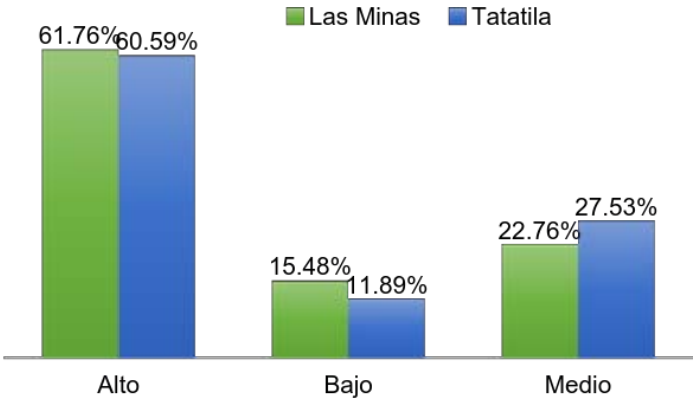


Figura 59. Proporción del territorio municipal por peligro de derrumbes.

Esta condición de peligro influye de forma evidente en las circunstancias de vida de las personas, como por ejemplo, en ambos municipios existe una significativa carencia de vías de comunicación desde la cabecera municipal hacia las localidades mas pequeñas, debido principalmente al alto costo y al riesgo que implica abrir caminos en zonas con estas características. Aunado a lo anterior, la necesidad de mantenimiento constante a las vías existentes por la interrupción que producen los derrumbes. Una consecuencia directa de este aislamiento es la ausencia de centros de salud, escuelas, etc., así como la dificultad en el traslado de las personas y sus productos, tanto los locales como los que se deben traer de otras zonas. Las posibilidades de diversificación de las actividades productivas en terrenos sujetos a estos peligros se ven limitadas.

Figura 60. Desprendimiento de rocas en el camino a la cabecera municipal de Las Minas, Ver.

Figura 61. Imagen de un posible derrumbe visto desde el camino a Las Minas

II.1.3.3.2. **Peligro de deslizamiento de laderas**

El modelo para evaluar el peligro de deslizamientos en los municipios de Tatatila y Las Minas se construyó de forma similar al modelo de derrumbes, variando algunos de los parámetros involucrados y la ponderación de su peso, siendo en este caso los siguientes: ángulo de Inclinación de la pendiente (peso de 50%) concentración anual de la precipitación (peso de 20%), características de los suelos (peso de 10%) y la cobertura vegetal (peso 10%) (Figura 62). Las fuentes para la pendiente y la precipitación fueron las mismas que en el modelo de derrumbes. La fuente de información para el tipo de suelo fue obtenido de INEGI de la carta edafológica serie II escala 1:250000. Y por último la capa de Vegetación se generó en el INECOL a partir de imágenes de satélite del sensor Rapid Eye del año 2013.

En este caso en particular, a diferencia del peligro de derrumbes, se incluye la presencia de vegetación arbórea ya que la cubierta vegetal aunada al peso que le confiere la acumulación de la precipitación puede convertirse en un factor que desencadene los deslizamientos.

Figura 62. Modelo de Ponderación para Peligros de Deslizamiento

II.1.3.3.2.1. **Resultados del análisis del peligro de deslizamiento**

De acuerdo con nuestros resultados, el mayor porcentaje de la superficie de estos dos municipios presenta un peligro medio de deslizamiento (65% en Las Minas y 64 % en Tatatila). (Cuadro 26, Figura 63)

Categoría de peligrode deslizamiento	Superficie (ha)
Municipio de Las Minas	
Alto	335.29
Bajo	1452.37
Medio	3289.85
Municipio de Tatatila	
Alto	481.15
Bajo	2870.00
Medio	5839.67

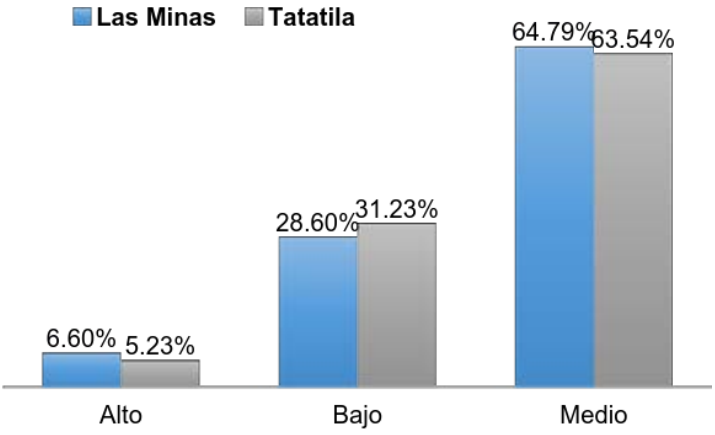


Figura 63. Proporcion del territorio municipal por peligro de deslizamiento

Cuadro 26. Superfices por peligro de deslizamiento en Las Minas y Tatatila

En el mapa de peligro de deslizamiento (Figura 64) se observa que las áreas de mayor peligro se concentran en zonas cercanas a asentamientos humanos que cuentan con vías de comunicación (terracería o brechas) cuya apertura posiblemente ha modificado la inclinación de las pendientes, dejando taludes con cobertura arbórea expuesta a las lluvias (ver la imagen siguiente), lo cual puede ser un factor desencadenante de deslizamientos de tierra.

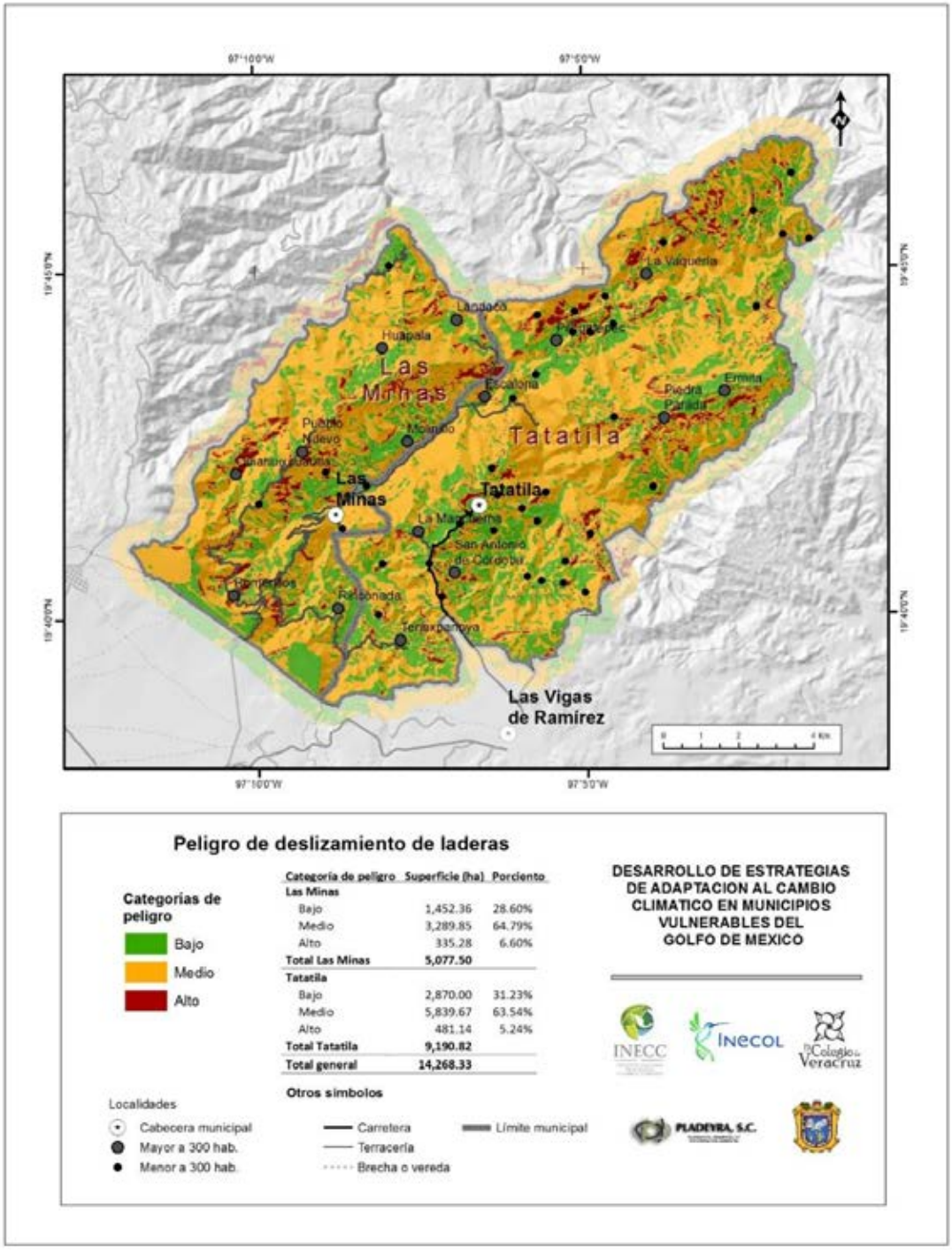


Figura 64. Mapa de peligro de deslizamiento de laderas

Ejemplo de lo anterior son los caminos que conducen a las localidades de Piedra Parada, Ermita, Pilhuatepec y La Vaquería en el municipio de Tatatila, y las de Huapala, Pueblo Nuevo, Tenexpanoya y Romerillos en el municipio de Las Minas.

Figura 65. Ladera expuesta a deslizamientos

II.1.3.4. **Peligro de desbordamiento de cauces**

El mapa de peligro de inundación por desbordamiento de cauces durante eventos hidro-climáticos extremos se retomó del elaborado para el Ordenamiento Ecológico de la cuenca del río Bobos-Nautla (2003). En dicho estudio se especifica que este mapa señala los peligros bajo condiciones extremas, es decir, no es un mapa de la dinámica “normal” del paisaje, sino que pretende pronosticar lo que puede ocurrir ante condiciones extremas, como las sucedidas en octubre de 1999. Por esta razón no se declaran los peligros Bajos y Muy Bajos, limitándose a

las clases de Peligro Muy Alto y Alto. La categoría de peligro Medio se declara, por convenio, donde el riesgo no es Alto o Muy Alto.

Para la elaboración del Mapa de Peligro de Desbordamiento de Cauces se utilizó información sobre la inclinación de las pendientes, zona hidrológica funcional, tipo de depósitos superficiales, estacionalidad de las corrientes superficiales, periodicidad de inundación de los humedales y disponibilidad del recurso agua.

Modelación del peligro de desbordamiento de cauces

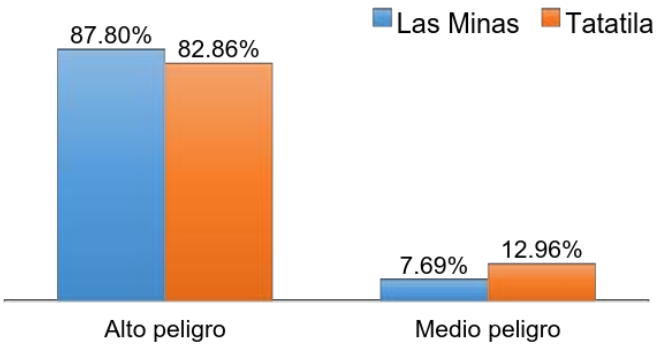
Peligro Muy Alto: Comprende todos los cauces de corrientes permanentes o temporales, localizados en las áreas con precipitaciones mayores a 1,000 mm anuales, las cuales en condiciones extremas, pueden reportar un porcentaje elevado de su media anual en apenas 2-3 días. El **Peligro Alto** se declara en las laderas aledañas. Como ya se explicó, el peligro Medio se localiza en las superficies no incluidas en ninguna de las categorías anteriores.

II.1.3.4.1. **Resultados del análisis de peligro de desbordamiento de cauces e inudación**

El mapa de Peligro de Desbordamiento de Cauces se elaboró para toda la cuenca del río Bobos por lo que los valores resultantes son relativos a la totalidad de ese territorio, razón por la cual en el mapa correspondiente a los municipios de Tatatila y Las Minas no aparece la categoría de muy alto peligro por desbordamiento de cauces, ya que este predomina en los municipios aledaños cuenca abajo: Altotonga, Tlapacoyan, Atzalan y Martínez de la Torre. (Ver Figura 67 Mapa de Peligro de Desbordamiento de Cauces e Inundación). Sin embargo, la categoría de alto peligro por desbordamiento de cauces abarca más del 80% de la superficie de los dos municipios sujetos a evaluación, lo cual se debe fundamentalmente a

las características geomorfológicas e hidrológicas de esta parte alta de la cuenca: densa red de drenaje en zonas de fuerte pendiente, resaltando una vez mas que este análisis se realizó para condiciones extremas de precipitación como las sucedidas en los eventos de octubre de 1999.

Categoría de peligro de inundación por desbordamiento de cauce	Superficie (ha)
Municipio de Las Minas	
Medio	390.49
Alto	4,458.16
Municipio de Tatatila	
Medio	1,177.77
Alto	7,529.21



Cuadro 27. Superficies por peligro de desbordamiento de cauces.

Figura 66. Proporción del territorio municipal por peligro de desbordamiento de caucces

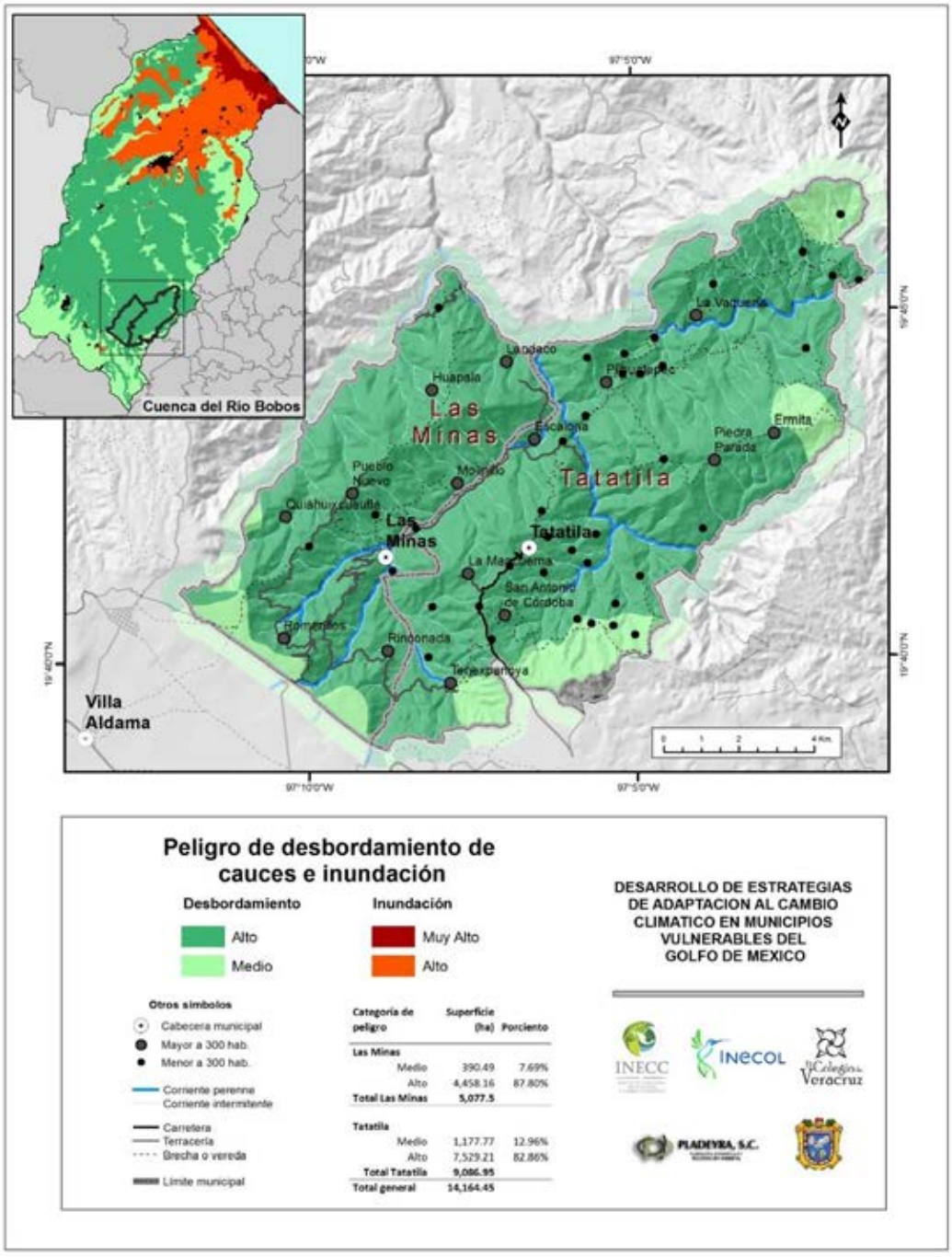


Figura 67. Mapa de peligro de desbordamiento de cauces e Inundación de los municipios de Tatatila y Las Minas en el contexto de la cuenca del río Bobos-Nautla. Fuente: Modificado de Gobierno del estado de Veracruz. 2003. Ordenamiento Ecológico de la cuenca del río Bobos.

Para una mejor comprensión de las condiciones que se presentaron en octubre de 2009, a partir de lo descrito por Garnica Peña y Alcántara Ayala (2004), se describe el régimen de precipitación durante este evento extraordinario, cuando se presentó la interacción de la depresión tropical N° 11 con el frente frío N° 5, a partir del análisis de las series de datos de tres estaciones meteorológicas: El Remolino, Tecolutla y Libertad-Misantla (CFE), los que se sintetizan en la Figura 68

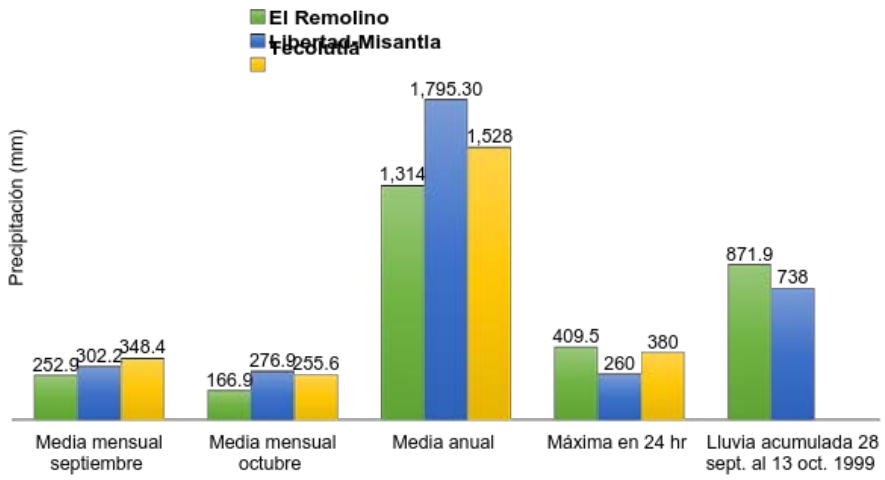


Figura 68. Datos relevantes de precipitación en tres estaciones meteorológicas durante los eventos de octubre 1999. Fuente: elaboración propia con información de Garnica y Alcántara (2004).

De acuerdo con la Figura elaborada a partir de la información de Garnica y Alcántara (2004), la estación El Remolino (Papantla) *"presenta una precipitación media anual de 1 314 mm (CFE), y una media mensual de 253 y 167 mm en septiembre y octubre, que son los meses más lluviosos. De manera contrastante, durante 1999 se registró una precipitación total de 2 108.1 mm, lo cual equivale al 160% de dicha media. De manera particular, durante los meses de septiembre y octubre se registraron 482.5 y 697.9 mm, respectivamente, haciendo un total de 1 180.4 mm, es decir, que para el mes de septiembre llovió el equivalente a casi dos veces la media mensual de dicho mes, en tanto que durante octubre se registró*

una precipitación mayor al 400% de la media correspondiente; y considerando los valores de ambos meses, la precipitación alcanzó el 90% de la media anual".

A partir de estos datos, los autores mencionados afirman que …*"el impacto derivado de este evento de baja frecuencia y alta magnitud fue evidentemente expresado mediante el crecimiento de los niveles de los ríos y sus desbordamientos asociados, los cuales, de acuerdo con los pobladores, no se habían presentado en un periodo aproximado de 50 años".*

A continuación se muestra una síntesis de algunos de los daños mas significativos reportados por la Secretaría de Desarrollo Urbano de Veracruz durante los eventos climáticos de 0ctubre de 1999 en los municipios de la cuenca del río Bobos-Nautla, Ver.

Cuadro 28. Tipos de afectaciones por municipio en la cuenca del río Bobos.

Daños reportados	Municipios de la cuenca del río Bobos por tipo de afectación (octubre de 1999)														
	Altotonga	Atzalan	Jalacingo	Las Minas	Las Vigas	Martínez de la Torre	Misantla	Nautla	Papantla	Perote	Tatatila	Tecolutla	Tenochtitlan	Tlapacoyan	Villa Aldama
Caminos destruidos	■										■				■
Interrupción de carreteras por cortes						■			■		■	■			
Deslaves en carreteras y caminos	■		■		■		■	■	■	■				■	■
Deslizamientos de tierra		■		■					■				■		
Daños estructurales en puentes					■		■							■	
Puentes colapsados					■				■		■	■	■		■
Daños a construcciones		■		■						■					
Daños a la agricultura	■								■						■

Cuadro 29. Habitantes y comunidades afectadas durante las inundaciones de Octubre/99 en los municipios de la Cuenca del río Bobos, Veracruz.

Colonias y/o comunidades	Habitantes afectados							
	<10	11-100	101-1000	1001-2000	2001-3000	3001-4000	4001-5000	>5001
<2	086							
3-5				023		183		
6-10		163	107			194		
11-20					156		114	
21-30						128	158	132
31-50					010	109		102
>51					124			

II.1.4. Exposición a peligros por eventos climáticos adversos

En este estudio hemos definido a la **exposición** como la medida en la que el sistema (personas, localidades, actividades productivas y ecosistemas) está expuesto a los peligros debidos a variaciones climáticas considerables. La propuesta para evaluar este indicador es utilizar como base los mapas de peligros

ante diferentes eventos climáticos (de ser posible incorporando la información existente de eventos reales y sus impactos) y cruzarlos con los mapas sociales y económicos de tal manera que podamos identificar la exposición de las siguientes variables con las zonas de mayor peligro por cada evento.

En los mapas de peligros o amenazas, estimar a nivel de localidad:

a. Población expuesta a los mayores peligros ante cada evento
c. Actividades agrícolas y pecuarias
d. Ecosistemas

II.1.4.1. **Exposición de la población y sus localidades**

Como se planteó en la evaluación de los municipios de Los Tuxtlas, se trata de identificar dónde se encuentran los habitantes más expuestos a los peligros relacionados con eventos climáticos extremos y su acumulación, y tener un estimado del número de personas en mayor situación de peligro, factor que se considera fundamental para evaluar las posibilidades reales de respuesta de esas localidades y proponer medidas concretas de adaptación ante los eventos climáticos actuales y futuros. Para alcanzar este objetivo se elabora el mapa de exposición de la población considerando como base el Censo de Población y Vivienda 2010 de INEGI, además de los modelos acumulados de los peligros de erosión, derrumbes y deslizamientos y desbordamiento de cauces. El método utilizado es similar al descrito para la región de Los Tuxtlas.

En el Mapa de Exposición de la Población (Figura 69) se muestra la ubicación de los habitantes y las localidades más expuestos a los diferentes peligros analizados, resaltando tanto el tamaño de la localidad como los sitios

donde coinciden uno o más peligros mediante una combinación de colores representativos de cada uno de éstos.

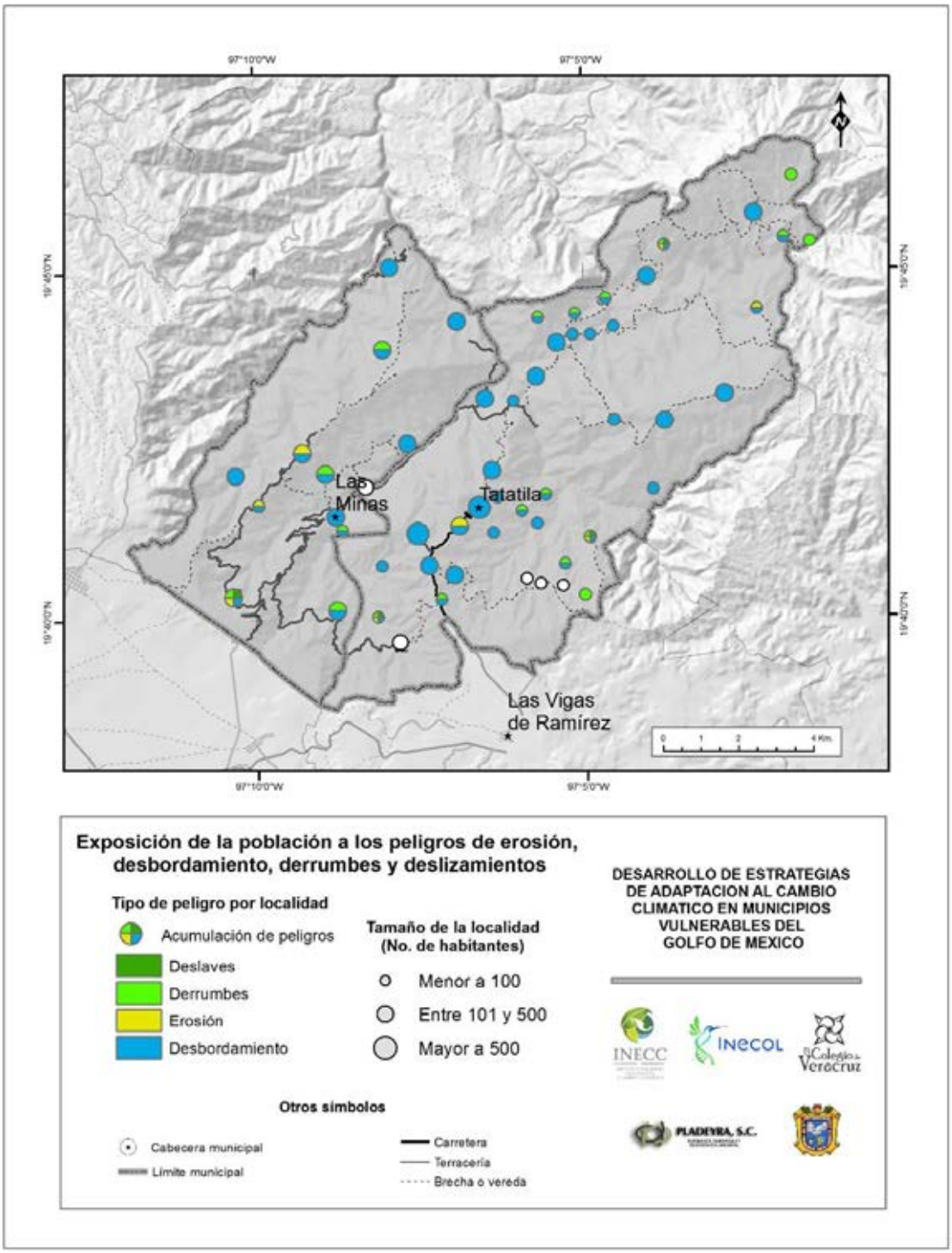


Figura 69. Mapa de Exposición de la Población en los municipios de Las Minas y Tatatila, Ver.

Los resultados indican que en Tatatila hay un mayor número de personas expuestas (4, 889) a cualquiera de los peligros considerados, las cuales se encuentran dispersas en 43 localidades, mientras que en Las Minas las personas expuestas a esta misma condición (cualquier peligro) suman cerca de 2,897, y se encuentran viviendo en 12 localidades. De acuerdo con el tipo de peligro, la exposición de las personas y localidades se distribuye como se muestra en el Cuadro 30.

Cuadro 30. Número de habitantes y de localidades expuestos según tipo de peligro

	Las Minas		Tatatila	
Peligros	**localidades**	**Habitantes**	**localidades**	**Habitantes**
Deslizamientos	1	204	3	66
Derrumbes	5	1,089	14	431
Erosión	3	499	5	283
Desbordamientos	12	2,897	35	4,737

En ambos municipios la mayor exposición tanto de las personas como de las localidades se da ante el desbordamiento de cauces que, como se describió en la metodología de su modelación, se debe a que se utilizaron los datos reales de las precipitaciones atípicas durante los eventos de octubre de 1999. De forma tal que el resultado muestra que prácticamente la totalidad de los dos territorios están sujetos a que los cauces de los ríos se desborden y lleguen a inundar los asentamientos humanos y sus tierras productivas.

Frente a precipitaciones extremas de la magnitud de las sucedidas en octubre de 99, el único factor que ayuda a retrasar el desbordamiento inmediato de los cauces es la presencia de una cobertura arbórea bien conservada en las laderas de las montañas, ayudando al proceso de infiltración del agua hasta que la saturación del suelo llega a su límite, desencadenándose el desbordamiento. En el evento de 99 los habitantes de la cabecera municipal de Las Minas tuvieron tiempo para desviar el río Las Minas para que no inundara a la ciudad, y aun así se llevó numerosas viviendas y escuelas a la salida del desvío.

En términos del número de personas y localidades expuestas, el segundo lugar lo ocupa el peligro de derrumbes, con 1,089 habitantes en 5 localidades de Las Minas, y 431 personas en 14 localidades de Tatatila. Este peligro está relacionado con el alto grado de inclinación de las pendientes de la zona y la introducción de infraestructura carretera.

Como se muestra en el Mapa, la importancia de esta evaluación es poder localizar los sitios donde se acumulan varios peligros poniendo en exposición a los habitantes y sus bienes. En este caso los peligros se relacionan principalmente con las condiciones topografías (pendientes) y los eventos de precipitaciones extremas, potenciados ambos factores por las modificaciones a las toformas y la pérdida de cubierta vegetal por los cambios de uso del suelo para las actividades productivas, el crecimiento urbano y la introducción de infraestructura (presas, carreteras y ductos).

En el municipio de Las Minas hay un mayor número de personas expuestas a la acumulación de los 4 peligros (erosión, derrumbes, deslizamientos y desbordamiento de cauces), según nuestras estimaciones son 204 habitantes en 4 localidades. En Tatatila el total de personas expuestas a los 4 peligros suman 66, distribuidas en 3 localidades. (Cuadro 31).

Las localidades donde los pobladores se encuentran expuestos a más de un peligro ven incrementada su vulnerabilidad ante los eventos climáticos ya que tienen que responder o adaptarse a diferentes situaciones que pueden poner en riesgo sus vidas, muchas veces en un mismo momento, es decir que un solo evento puede exponerlos de forma casi simultánea a procesos erosivos que desencadenen deslizamientos de tierras y/o derrumbes que obstruyan vías de comunicación, aunados a inundaciones provocadas por el desbordamiento de los

cauces de ríos. En esta zona el caso mas frecuente de exposición a dos peligros se da en la combinación de derrumbes - desbordamientos.

Cuadro 31. Localidades y habitantes a expuestos a peligros acumulados

Peligros acumulados por localidad en cada municipio	Número de localidades expuestas	Número de habitantes expuestos
Las Minas		
1	5	1,513
2	6	1,180
4	1	204
Total Las Minas	**12**	**2,897**
Tatatila		
0	5	695
1	25	4,393
2	10	430
4	3	66
Total Tatatila	**43**	**5,584**
Total de la zona	**55**	**8,481**

En Las Minas el mayor número de habitantes expuestos a los cuatro peligros se localizan principalmente en la localidad de Romerillos y sus alrededores, ubicada a 2,200 msnm y atravesada por el río del mismo nombre. Bajo esta misma condición, en Tatatila se encuentran los pobladores de Plan de Gallos, La Hacienda, El Palacio y Santa Cruz. Destaca que solo en Tatatila encontramos 5 localidades fuera de cualquier peligro, en las que viven un total 695 personas. En Las Minas no hay una sola localidad que se encuentre fuera de peligro.

Las combinaciones de peligros encontradas se presentan en el Cuadro 32 y la figura 70.

Cuadro 32. Exposición de los habitantes y las localidades ante peligros acumulados

	Las Minas		Tatatila	
	localidades	**habitantes**	**localidades**	**habitantes**
Fuera de peligro	**0**	**0**	**5**	**695**
En cualquiera de los posibles peligros	**12**	**2,897**	**38**	**4,889**
En un peligro	**5**	**1,513**	**25**	**4,393**

En dos peligros	**6**	**1,180**	**10**	**430**
Erosión-desbordamiento	2	295	2	217
Derrumbes-desbordamiento	4	885	8	213
En cuatro peligros	**1**	**204**	**3**	**66**

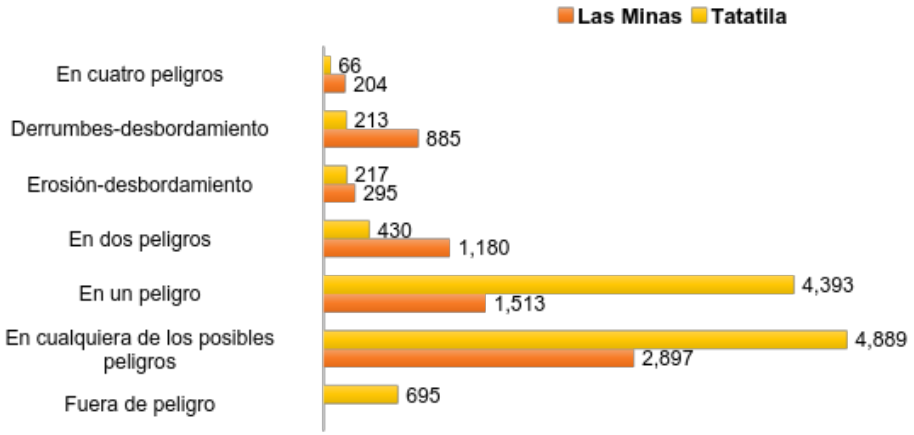


Figura 70. Número de habitantes expuestos a peligros acumulados

II.1.4.2. **Exposición de las actividades productivas**

Dadas sus condiciones climáticas y geomorfológicas, los municipios de Las Minas y Tatatila cuentan con superficies relativamente pequeñas destinadas a las actividades agropecuarias: las Minas tiene un área aproximada de 310 ha de agricultura (6% del territorio municipal) y los pastizales ganaderos ocupan cerca de 685 ha, que equivale al 13% del municipio.

En Tatatila las actividades agrícolas se encuentran en una superficie menor de solo 2.2 % del área municipal (205 ha), mientras que los pastizales ocupan 15.7 % del territorio, con una superficie total de 1,470 ha. Por la imposibilidad de su identificación en la imagen satelital, estas áreas productivas no consideran las plantaciones de frutales –bastante diversas en la región ya que observamos la presencia plantaciones de pera, durazno, ciruela, higo, maracuyá–, así como algunos cafetales de sombra. (Figura 71).

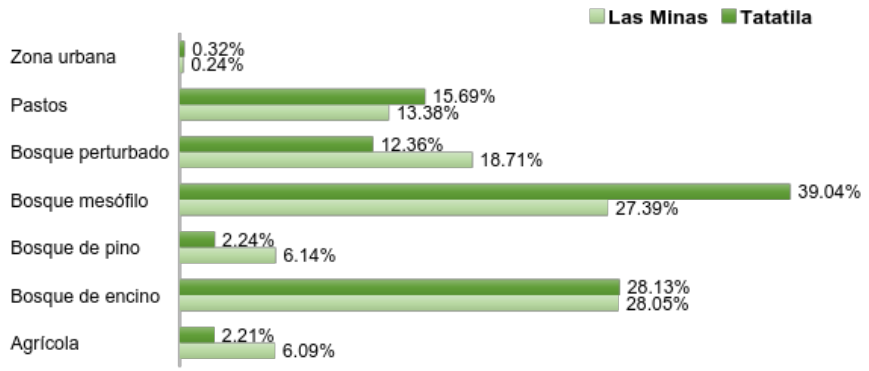


Figura 71. Proporción del área municipal por tipo de vegetación y usos del suelo en los municipios de Las Minas y Tatatila, Ver.

El método utilizado para elaborar el Mapa de Exposición de los sistemas productivos fue el mismo que en la región de los Tuxtlas y el resultado se muestra en la Figura 23.

En Las Minas y Tatatila se observa que las actividades agropecuarias se encuentran expuestas al menos a un peligro de magnitud importante frente a eventos climáticos adversos: en el caso de Las Minas, del total de superficie destinada a estas actividades con 948 ha, el 95% está expuesta al menos a un peligro (en este caso destacadamente al desbordamiento de cauces), pero resalta aún mas que el 25% del territorio de este municipio (245 ha) están expuestas a los cuatro peligros. En Tatatila, de un total de 1,675 ha de agricultura y ganadería, el 88% (1,470 ha) se encuentran expuestas al menos a un peligro, y en este municipio la proporción del territorio cuyos sistemas productivos están expuestos a los 4 peligros es de 19% (326.5 ha). (Cuadro 33)

Cuadro 33. Sistemas productivos expuestos a peligros acumulados

Las Minas	Superficie (ha)	Porciento
No expuesto	46.41	5%
1 peligro	488.08	49%
2 peligros	200.77	20%
3 peligros	14.39	1%
4 peligros	244.69	25%
Sistema expuesto	**947.92**	**95%**

Total del municipio	994.33	

Tatatila	Superficie (ha)	%
No expuesto	205.26	12%
1 peligro	934.38	56%
2 peligros	183.61	11%
3 peligros	25.04	1%
4 peligros	326.49	19%
Sistema expuesto	**1,469.51**	**88%**
Total del municipio	1,674.77	

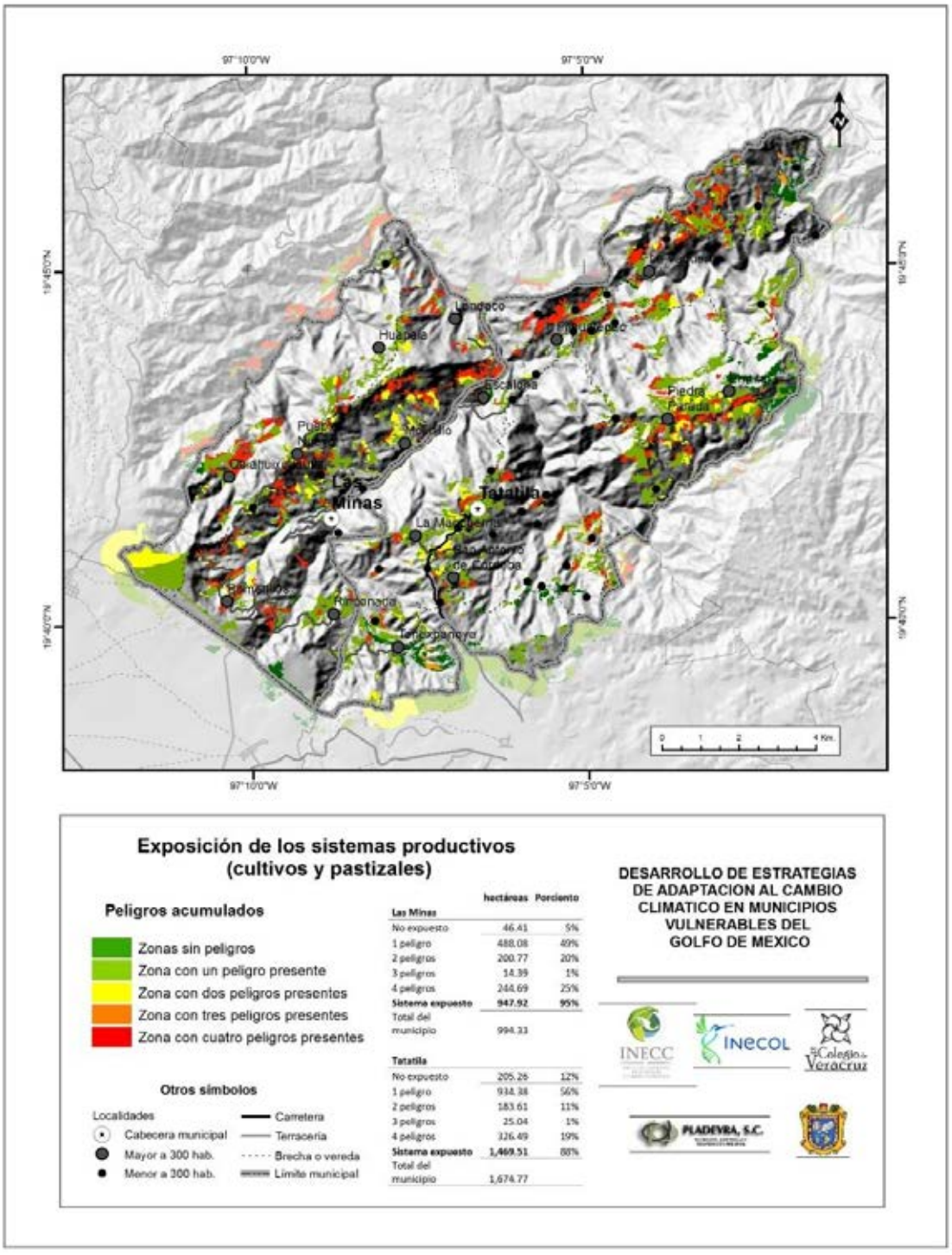


Figura 72. Exposición de los sistemas productivos (cultivos y pastizales ganaderos).

De acuerdo con el Mapa (figura 72) en el municipio de Las Minas las actividades agropecuarias con mayor exposición ante diversos eventos climáticos (4 peligros) se localizan principalmente en las laderas a ambos lados del eje carretero que comunica a las localidades de Romerillos-Zomelahuacan-Pueblo Nuevo-Huapala, asi como en los alrededores de las localidades de Quiahuixcuautla y Escalona. En el municipio de Tatatila las áreas con actividades productivas sujetas a mayor exposición (4 peligros) se encuentran hacia la zona noroccidental del municipio en las laderas de los cerros Pilhuatepec y Tres Coronas y rumbo a las localidades de La Vaquería y El Boquerón. También hacia la porción centro oriental del municipio hay zonas muy expuestas, principalmente las laderas que se ubican entre las localidades de Piedra Parada y La Ermita.

II.1.4.3. **Exposición de los ecosistemas**

Al igual que en la región de Los Tuxtlas, en los municipios de la cuenca alta del río Bobos-Nautla la presencia de ecosistemas íntegros y funcionales juega un papel fundamental ante los impactos provocados por eventos climáticos extremos. En estas zonas montañosas, caracterizadas por una alta densidad de drenaje y fuertes pendientes, particularmente las que se localizan en las laderas de barlovento, y que se encuentran expuestas a precipitaciones que en ocasiones pueden ser extraordinarias debido a la incidencia de ciclones tropicales provenientes de golfo de México, la presencia de bosques bien conservados es fundamental para amortiguar los efectos de estos eventos extremos. Esto hace que sea necesario identificar dónde se encuentran los ecosistemas más expuestos a los peligros analizados, para así promover medidas que favorezcan su manejo sostenible, conservación o restauración. De esta manera será posible que dichos ecosistemas continúen brindando los servicios ambientales que permitirán a las personas aumentar la resiliencia y disminuir la vulnerabilidad, tanto de los ecosistemas como de las personas (AbE). Las condiciones actuales y la

importancia de cada uno de estos ecosistemas se analizan a detalle en el capítulo correspondiente.

Para elaborar el modelo de exposición de los ecosistemas se consideraron los tipos de vegetación natural presentes en la zona y éste mapa se cruzó con la capa de peligros acumulados. (figura 73)

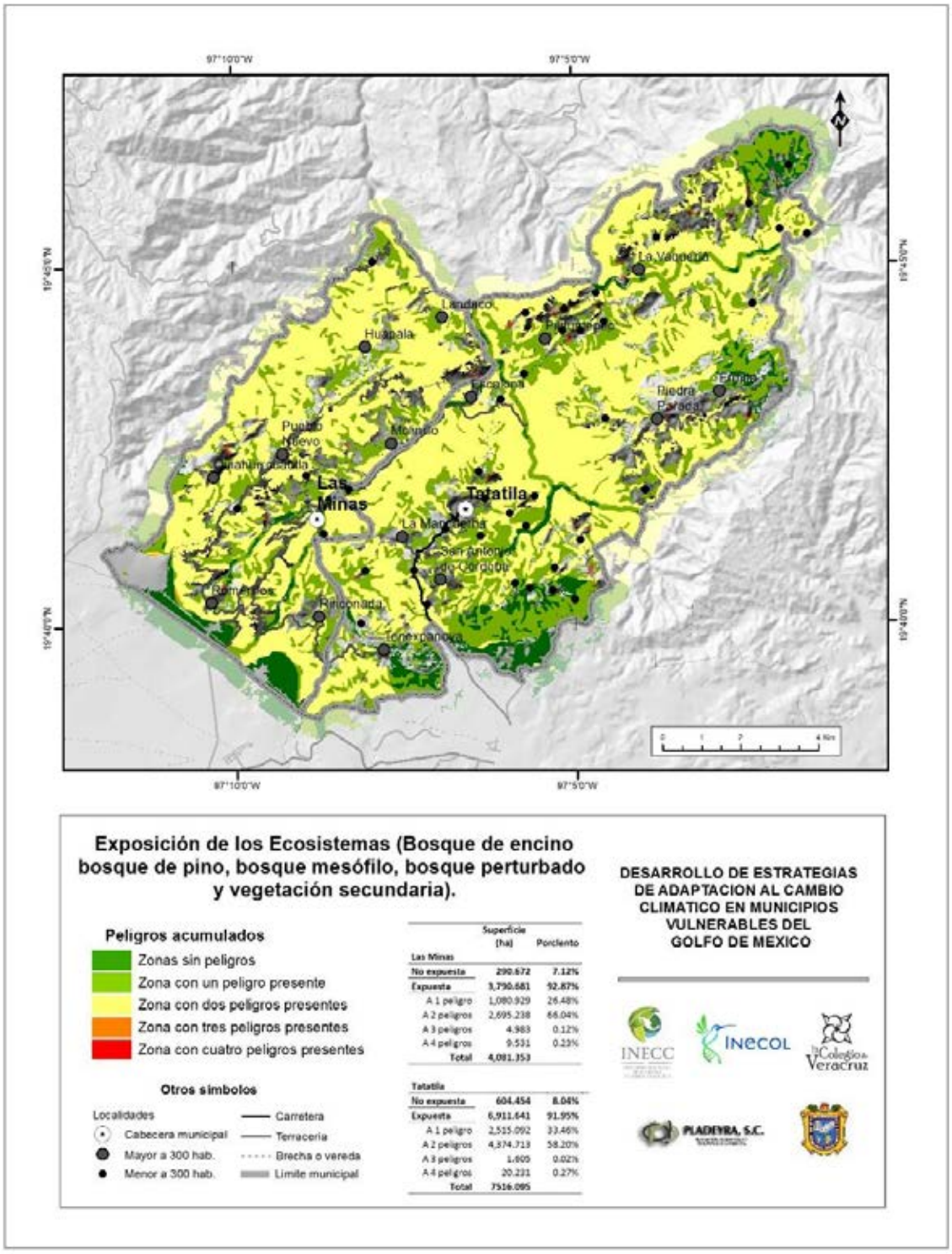


Figura 73.Mapa de Exposición de los ecosistemas en los municipios de Las Minas y Tatatila, Ver.

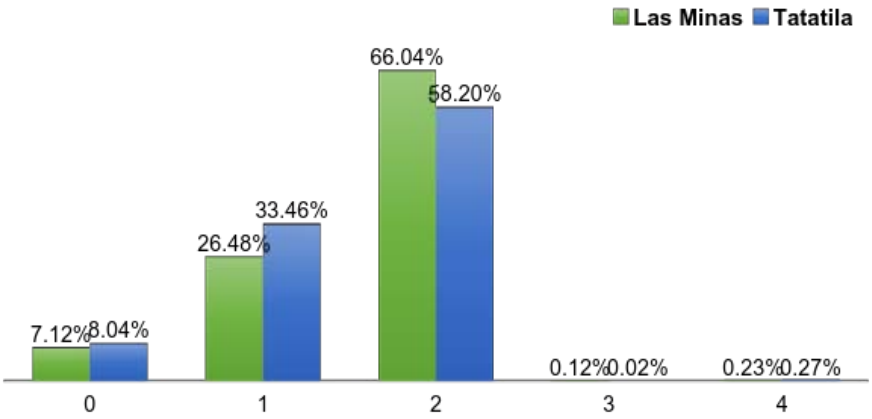


Figura 74. Proporción de vegetación natural expuesta a peligros acumulados

Cuadro 34. Superficie de vegetación natural expuesta a peligros

Peligros	Las Minas	Tatatila
	Superficie (ha)	
0	290.67	604.45
1	1,080.93	2,515.09
2	2,695.24	4,374.71
3	4.98	1.61
4	9.53	20.23
Total veg nat / municipio	4,081.35	7,516.10

De acuerdo con la Figura 74 y el cuadro 34, en el **municipio de Las Minas** se observó que de 4,081.35 ha donde se conservan diversos tipos de vegetación natural, solo el 7.12 % de esta superficie no está expuesta a ningún peligro, el 26.5 % se encuentra expuesta a un solo peligro, 66 % a dos peligros y menos de 1 % a los cuatro peligros evaluados.

En el **municipio de Tatatila**, con 7,516.1 ha de vegetación natural, el 8 % de éstos no están expuestos a ningún peligro, mientras que el 33.5 % está expuesto a uno y 58.2 % de la superficie con bosques se expone a dos peligros; finalmente, solo 0.27 % se encuentra expuesto a los 4 peligros.

La Figura 75 permite comparar el mapa de vegetación natural con el mapa de exposición de los ecosistemas y en el cuadro 35 se desglosa, a nivel municipal, la superficie expuesta según el número de peligros acumulados por tipo de vegetación, donde se aprecia que todos éstos están expuestos al menos a un peligro.

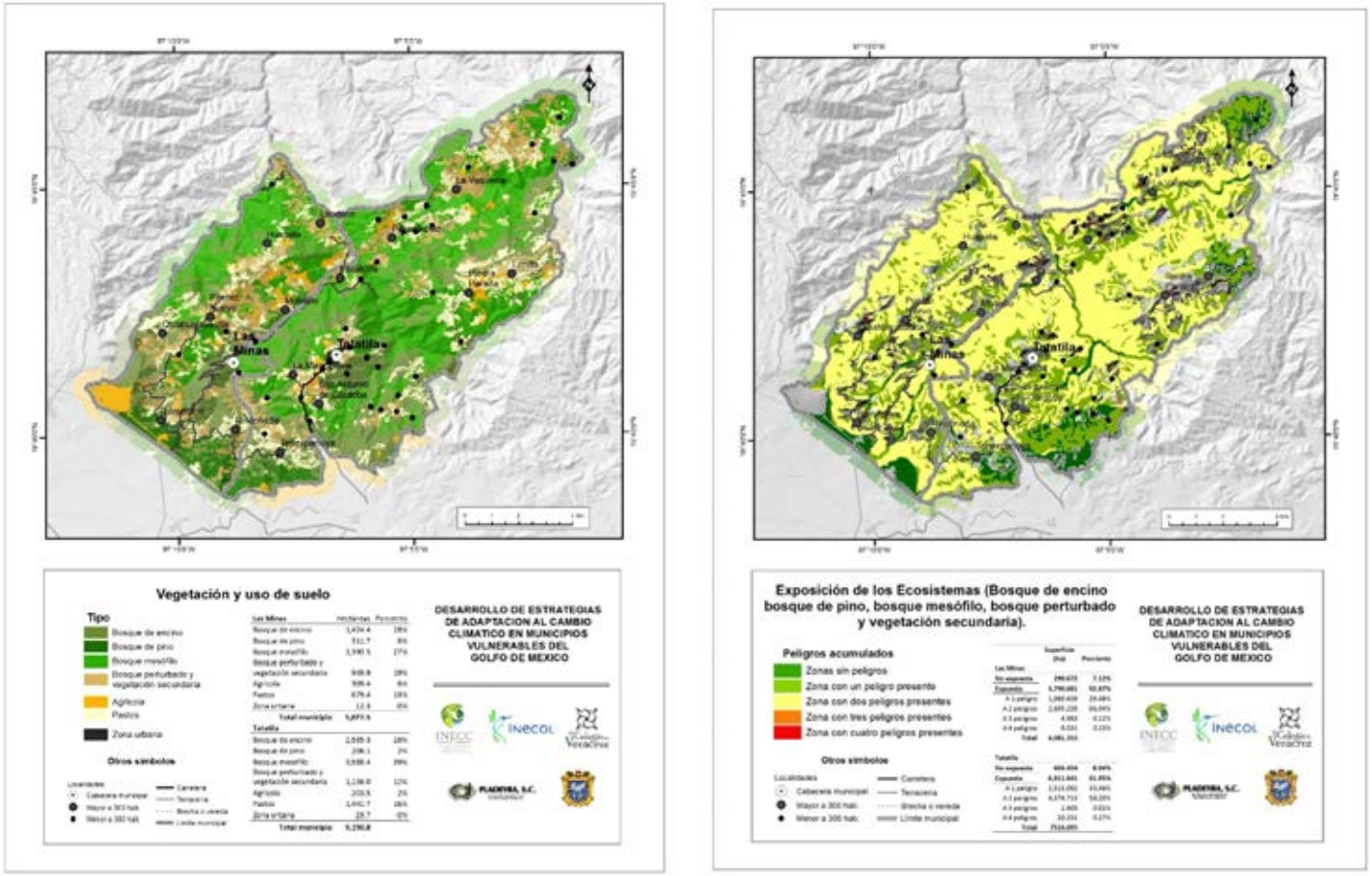


Figura 75. Comparativo del Mapa de vegetación natural y el mapa de exposición de los ecosistemas en los municipios de Las Minas y Tatatila, Ver.

Cuadro 35. Superficie municipal expuesta por tipo de vegetación

Municipio	Tipo de vegetación	Peligros	Superficie (ha)
Las Minas	Bosque de Encino	0	100.8
		1	368.9
		2	953.8
		3	2.9
		4	2.7
	Bosque de pino	0	143.1
		1	43.3
		2	123.0
		3	1.9
		4	0.3
	Bosque mesófilo	0	15.7
		1	291.1
		2	1,080.1
		3	0.2
		4	3.6
	Bosque perturbado	0	31.1
		1	377.6
		2	538.3
		3	0.0
		4	2.9
Tatatila	Bosque de Encino	0	298.8
		1	831.6
		2	1,450.0
		3	0.8
		4	4.4
	Bosque de pino	0	33.2
		1	74.4
		2	98.4
		3	0.1
	Bosque mesófilo	0	172.2
		1	1,083.9
		2	2,321.9
		3	0.3
		4	10.3
	Bosque perturbado	0	100.3
		1	525.2
		2	504.5
		3	0.5
		4	5.5
Total general			**11,597.4**

II.1.4.4. **Exposición de las vías de comunicación**

Al igual que en la sierra de Los Tuxtlas, la zona serrana de Las Minas-Tatatila con mucha frecuencia sufre la interrupción de sus vías carreteras generalmente causada por intensas precipitaciones que provocan deslizamientos y derrumbes. Esto dificulta el ya de por sí complejo movimiento de las personas, el acceso a refugios, la llegada de agua y alimentos, así como el traslado hacia las clínicas de salud. Por esta razón resulta fundamental identificar las carreteras mas expuestas a estos peligros para asegurar su mantenimiento permanente y la búsqueda de rutas alternas para las localidades que se encuentran más aisladas. En este caso los derrumbes y deslizamientos pueden interrumpir total o parcialmente la evacuación o el acceso a una localidad, y los procesos erosivos pueden desencadenar interrupciones de las vías, al igual que el desbordamiento de los cauces y la consecuente inundación.

El método utilizado para estimar la exposición carretera es el mismo que el desarrollado para los municipios de Los Tuxtlas, donde el modelo considera la capa de vías de comunicación de los conjuntos vectoriales de INEGI, únicamente las vías terrestres. (Figura 76)

Los resultados obtenidos confirman la precariedad de las vías de comunicación en esta región ya que el municipio de Las Minas cuenta con 50.19 km de vías de comunicación, de los cuales el 94% se encuentra expuesto a algún peligro relacionado con eventos climáticos; de éstos, la mayor proporción está expuesta a un peligro (45%) o a dos peligros (40%), mientras que a 3 y 4 peligros acumulados son cerca de 5 km en total. De igual forma, el municipio de Tatatila, que tiene un total de 86.21 km de carreteras, sólo el 15 % no están expuestas a

ningún peligro. Al igual que en Las Minas, la mayor proporción está expuesta a un solo peligro (57 5), el 25% a dos peligros y a 4 peligros el 3% (Cuadro 36)

Cuadro 36. Carreteras expuestas a peligros acumulados

Municipio	Longitud (km)	porciento
Las Minas		
No expuesta	**2.78**	**6%**
Expuesta	**47.41**	**94%**
a 1 peligro	22.45	45%
a 2 peligros	19.99	40%
a 3 peligros	0.39	1%
a 4 peligros	4.58	9%
Tatatila		
No expuesta	**13.32**	**15%**
Expuesta	**159.11**	**85%**
a 1 peligro	48.76	57%
a 2 peligros	21.83	25%
a 4 peligros	2.31	3%

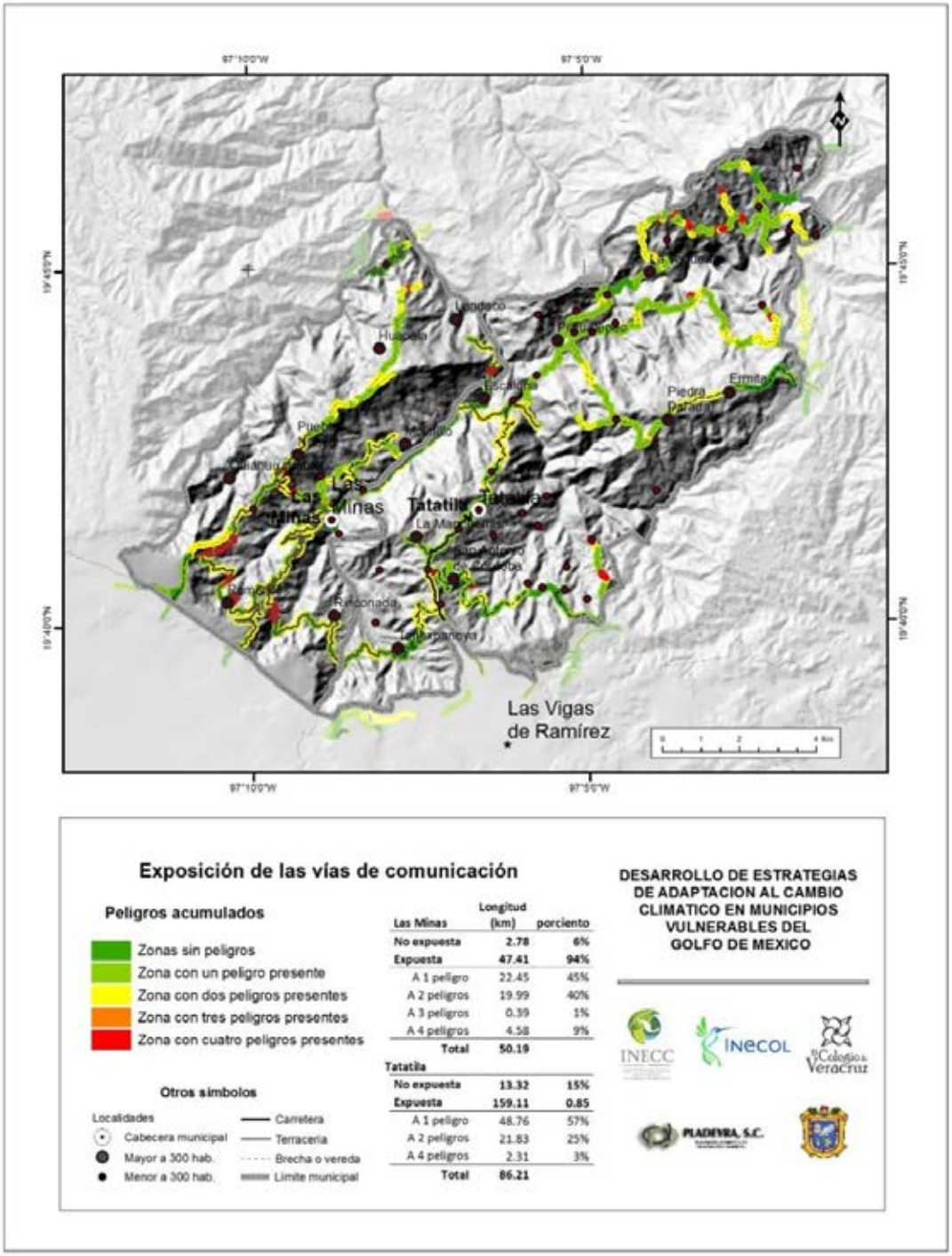


Figura 76. Mapa de exposición las vías de comunicación en los municipios de Las Minas y Tatatila, Ver.

Según el tipo de carretera, la terracería es la que muestra la mayor proporción de km expuestos, con 58 % en Las Minas y 49 % en Tatatila; de igual forma, las veredas expuestas también abarcan superficies importantes, con 49% en Tatatila y 25 % en Las Minas. (figura 77)

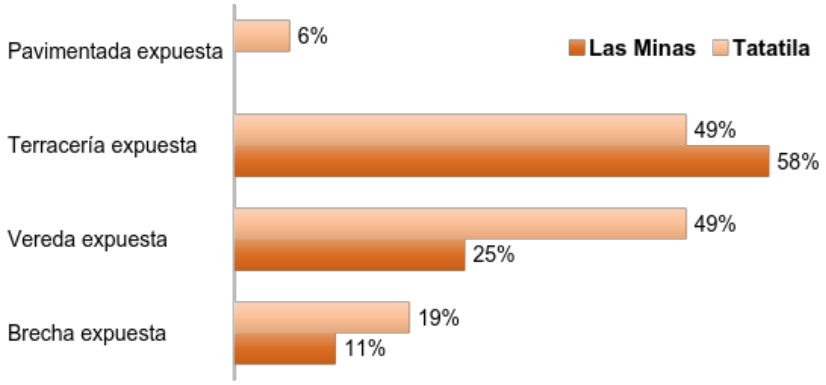


Figura 77. Proporción municipal por tipo de vías de comunicación expuestas a peligros

II.1.5. Analisis hidrológico Tatatila-Las Minas-San Rafael

II.1.5.1. Antecedentes

Una **inundación** se define como aquel evento que debido a la precipitación, oleaje, marea de tormenta, o falla de alguna estructura hidráulica provoca un incremento en el nivel de la superficie libre del agua de los ríos o el mar mismo, generando invasión o penetración de agua en sitios donde usualmente no la hay y generalmente, daños en la población, agricultura, ganadería e infraestructura. (Salas-Jiménez, 2007).

Causas de las Inundaciones

Aún antes de la aparición del hombre sobre la Tierra, el entorno físico mantenía un equilibrio: el agua que llovía en las zonas montañosas bajaba por los cauces e inundaba las zonas bajas, para luego volver a su estado inicial.

Posterior a la aparición del hombre se desarrollaron asentamientos humanos en las zonas aledañas a los cuerpos de agua, frecuentemente en las planicies de inundación, trayendo consigo cuando se desborda una corriente, problemas de inundaciones. Adicionalmente, la degradación del medio ambiente tal como la deforestación, la erosión, etc., modifica la respuesta hidrológica de las cuencas, incrementando la ocurrencia y la magnitud de inundaciones

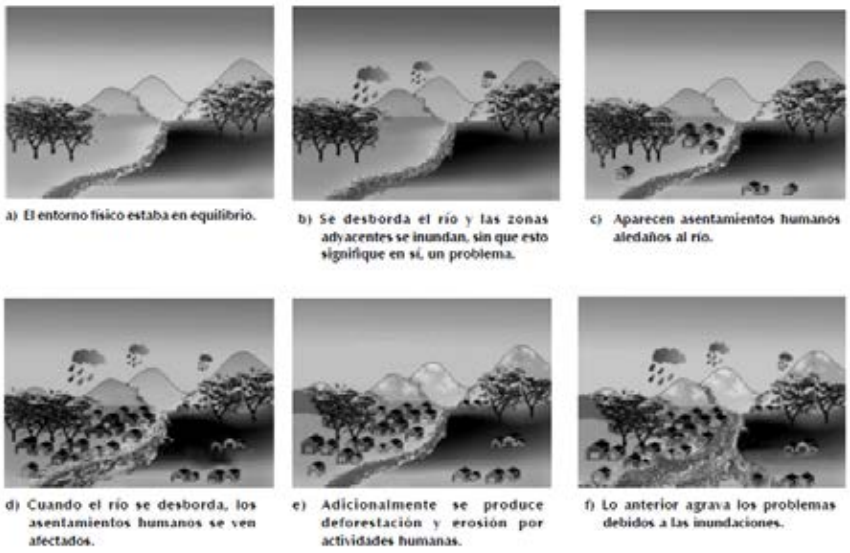


Figura 78. Proceso en inundaciones fluviales (Salas-Jiménez, 2007)

La modificación del terreno en las cuencas (cambio en los usos del suelo), produce daños cada vez más considerables por efecto de las inundaciones, debido a que:

• Se producen crecientes mayores que las que habían ocurrido (avenidas históricas) cuando las cuencas eran naturales o la degradación del medio ambiente era mínima.

• El tiempo que debe transcurrir para que los efectos de una inundación sean percibidos por la población ha disminuido, provocando que en ocasiones la respuesta de las autoridades y de la población se vea comprometida.

La gestión deficiente de los recursos naturales ha generado una transformación de las zonas boscosas en pastizales y en tierras de cultivo. La consecuencia es que el volumen de agua retenido en la parte alta de las cuencas es menor, escurre más rápido hacia la llanura y, consecuentemente, las inundaciones son más frecuentes y graves.

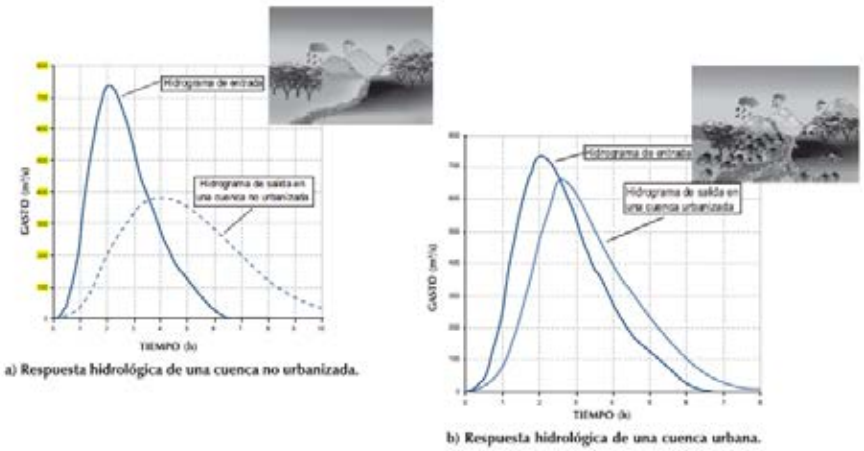


Figura 79. Hidrograma de entrada y salida en cuencas con diferente respuesta hidrológica (Salas-Jiménez,2007)

Cuenca hidrológica

Según la Ley de Aguas Nacionales (LAN, 2004) una cuenca hidrológica es la unidad del territorio diferenciada de otras unidades, normalmente delimitada por un parte aguas, en donde ocurre el agua en distintas formas, y ésta se almacena o fluye hasta un punto de salida que puede ser el mar u otro cuerpo receptor interior, a través de una red hidroFigura de cauces que convergen en uno principal, o bien el territorio en donde las aguas forman una unidad autónoma o diferenciada de otras, aún sin que éstas desemboquen en el mar. En dicho espacio delimitado por una diversidad topoFigura, coexisten los recursos agua, suelo, flora, fauna, otros recursos naturales relacionados con éstos y el medio ambiente.

Simulación lluvia-escurrimiento

En un gran número de cuencas no se tiene información de los caudales de los ríos, debido en parte al costo y dificultad de realizar estudios de campo para la instalación y mantenimiento de estaciones hidrométricas, por lo que es más común en nuestro país el tener datos disponibles de registros con base a lluvias (estaciones climatológicas). Lo anterior ha propiciado el desarrollo de métodos para estimar escurrimientos a partir de la precipitación que los origina, y a estos

procedimientos se les denomina modelos de lluvia-escurrimiento (Breña et al., 2006).

Modelo HMS

El propósito de la simulación hidrológica es obtener el hidrograma (Figura de tiempo contra caudal) a la salida de la cuenca considerando un histograma (Figura de tiempo contra precipitación). El *Hydrologic Modelling System* (HEC-HMS), (USACE, 2010) es un modelo de simulación lluvia-escurrimiento.

En el HEC-HMS la cuenca se describe a través de una serie de elementos interconectados (subcuencas, canales de tránsito, nodos, fuentes y sumideros). Para la ejecución del modelo HEC-HMS se utiliza la abstracción inicial (Arlen, 2000), que integra el método del Número de Curva (CN)) para la estimación de la precipitación efectiva (*pérdidas*). Emplea el hidrograma triangular del Servicio de Conservación de Suelos para la transformación de precipitación de excesos en escorrentía directa y considera el flujo base (USSCS, 1957; USACE, 2001). Para la simulación del caudal a la salida de la cuenca por precipitación los datos principales de alimentación del modelo son:

- Área de la cuenca: Está representada en km^2 y se puede obtener con herramientas de Sistemas de Información GeoFigura y en México con el SIATL (SIATL, 2014).

- Abstracción inicial: Para la abstracción inicial (I_c en mm), se utiliza la ecuación 1 (Arlen, 2000). NC, es el número de curva.

  Ecuación 1: $$I_c = 0.2\left(\frac{25400}{NC} - 254\right)\Big)$$

- Número de curva (NC): Se basa en mapas de uso de suelo, pendiente y edafología, que se puede obtener como capas temáticas y están disponibles en INEGI (2014) o CONABIO (2014). Para la obtención de NC de la cuenca se consideran las Cuadros de Aparicio (2008).

- Tiempo de concentración: El tiempo de concentración Tc, es el tiempo necesario en que la precipitación contribuya al escurrimiento. Se especifica en horas y se estima con la fórmula de Kirpich, que se expresa en la ecuación 2:

  Ecuación 2: $$T_c = 0.06628 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

  Dónde L: longitud del cauce principal en km y S: pendiente promedio del cauce adimensional. También en México se puede obtener con el SIATL (SIATL, 2014)

- Flujo Base: Este flujo es el agua que independientemente de la precipitación escurre en la cuenca debido a la aportación del acuífero en m^3/s. El modelo hidrológico lo integra con un modelo exponencial de recesión, donde se consideran los parámetros de flujo inicial, que es el caudal promedio anual en el cauce; la constante de recesión *k (*menor que 1*)*, que modela la disminución exponencial del flujo, y un valor de umbral, que se especifica como una proporción del caudal pico del hidrograma

II.1.5.2. **Zona de estudio**

Los municipios de Tatatila y Las Minas pertenecen a la Región Hidrológica 27 (Tuxpan-Nautla) de la cuenca del Río Nautla y de la subcuenca del río Bobos. El municipio de San Rafael, pertenece a la subcuenca del río Nautla, y recibe los escurrimienots provenientes de las subcuencas de Martínez de la Torre y río Bobos.

En el municipio de Las Minas se localiza la estación climatológica 30089 y aguas abajo la estación hidrométrica 27001 (figura 80). En la Cuadro 37 se presentan los nombres de las subcuencas. En la figura 81 aparece la ubicación de los municipios de trabajo de la región de Tatatila y Las Minas y de la región de estudio de Tecolutla, San Rafael, Gutiérrez Zamora, en relación con las cuencas y subcuencas.

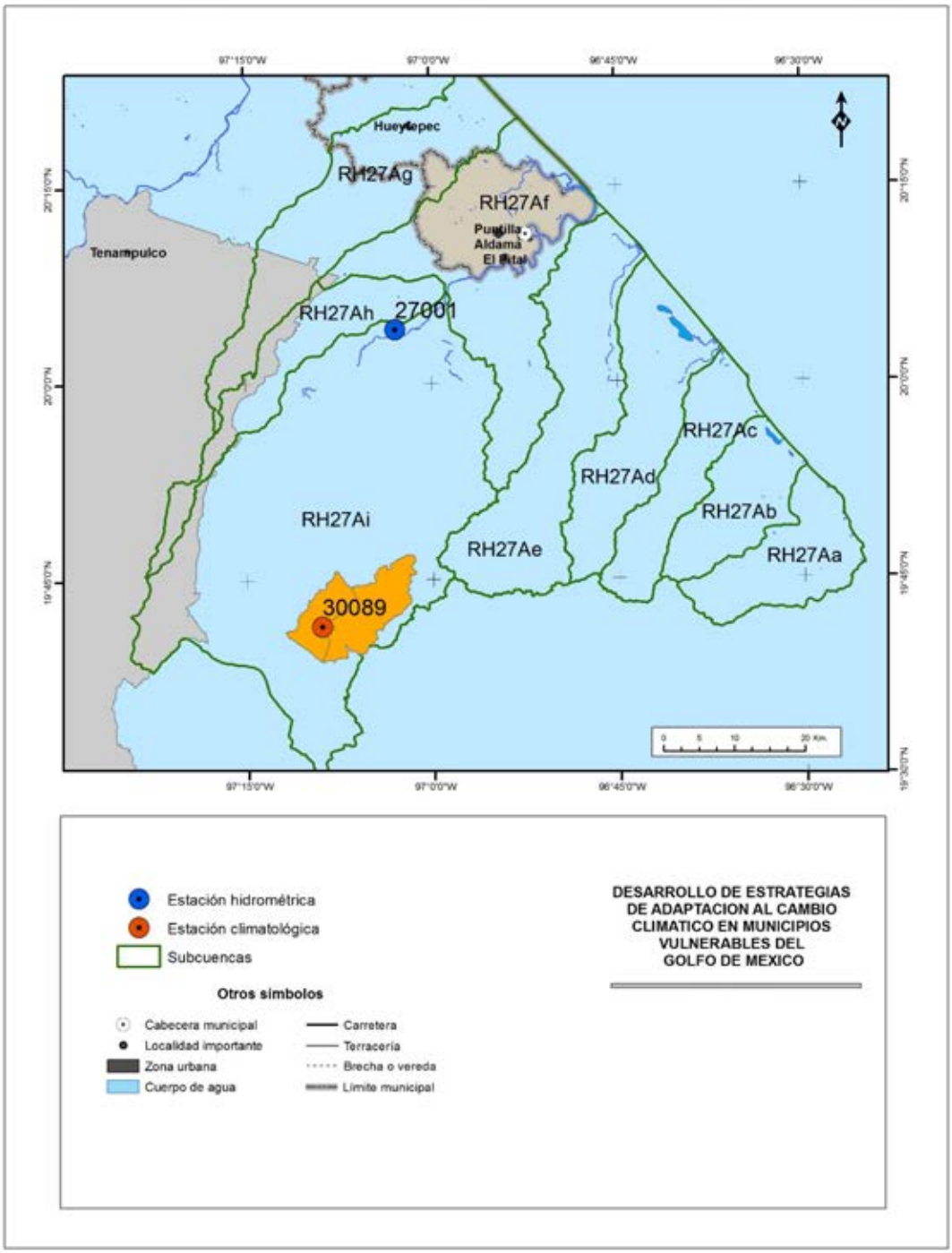


Figura 80. Subcuencas en el municipio de Las Minas se localiza la estación climatológica 30089 y aguas abajo la estación hidrométrica 27001.

Cuadro 37. Cuadro donde se muestran las subcuencas con su clave, el nombre y la zona donde descargan.

Clave Subcuenca	Nombre	Descarga
RH27Aa	R. Barranca Hernández	Mar
RH27Ab	R. Santa Ana	Mar
RH27Ac	R. Yachite	Mar
RH27Ad	R. Colipa	Mar
RH27Ae	R. Misantla	Mar
RH27Af	R. Nautla	Mar
RH27Ag	Solteros	Mar
RH27Ah	Martínez de la Torre	Descarga a rio Nautla
RH27Ai	R. Bobos	Descarga a R.Nautla

II.1.5.3. Modelo conceptual de funcionamiento hidrológico

En la figura 82 se presenta el funcionamiento hidrológico. Se observa que la subcuencas del río Bobos y de Martínez de la Torre, descargan sus escurrimientos hacia la subcuenca del río Nautla. Las subcuencas de Solteros, del R. Barranca Hernández, Santa Ana, Yachite, Colipa y Misantla, sus escurrimientos son hacia el mar.

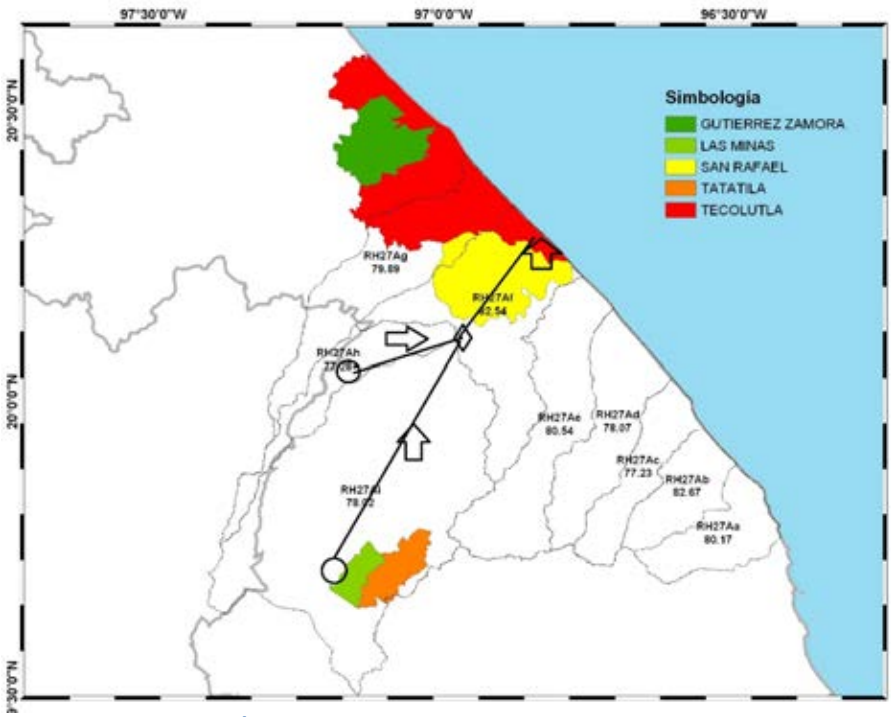


Figura 81. Ubicación de los municipios de estudio en las subcuencas ….

Cuadro 38. Parámetros morfométricos de las subcuencas

	Longitud del cauce (m)	Área drenada (Km2)	Altura máxima (m)	Pendiente (%)	Tiempo de concentración (min)	CN (Número de curva)	Po (mm) (Abstracción inicial)
RH27Aa	**29037**	**137.52**	**896**	**3.08**	**203.00**	**80.1676919**	**12.567173**
RH27Ab	**31248**	**176.59**	**1079**	**3.45**	**204.55**	**82.6657367**	**10.6523042**
RH27Ac	**44732**	**187.45**	**2113**	**4.72**	**237.51**	**77.2270678**	**14.9800451**
RH27Ad	**48724**	**255.47**	**2119**	**4.35**	**262.08**	**78.0730887**	**14.2672349**
RH27Ae	**71485**	**433.87**	**2525**	**3.53**	**383.94**	**80.5436534**	**12.2713878**
RH27Af	**83782**	**691.43**	**835**	**1.00**	**704.57**	**82.5373197**	**10.7479158**
RH27Ag	**107940**	**426.25**	**886**	**0.81**	**886**	**79.8889773**	**12.7882467**
RH27Ah	**88047**	**282.92**	**2539**	**2.85**	**492.06**	**77.2780826**	**14.9366207**
RH27Ai	**100533**	**1769.84**	**3299**	**3.26**	**515.34**	**78.0184377**	**14.3128137**

En el Anexo 1 se presentan los parámetros morfométricos por subcuenca.

Modelo lluvia-escurrimiento HMS

Los municipios de Tatatila y Las Minas pertenecen a la subcuenca hidrologica RH27Ai (Río Bobos), por lo que la precipitación en la parte alta se transforma en escurrimiento, registrado en la estación hidrométrica EH27001. En la figura 82 se presenta la zona de aportación de la subcuenca, que está representado en el hidrograma de salida de la hidrométrica.

La simulación de lluvia-escurrimiento permite conocer el hidrograma de salida para diferentes tormentas, por lo que se pueden emplear escenarios con diferentes hietogramas de entrada. Para la calibración del modelo lluvia-escurrimiento se tomará en cuenta los datos de la EC 30089, y de la EH-27001 para la zona de aportación de la figura 82

Figura 82. Zona de aportación de la EH 27001.

Cuadro 39. Indicadores del cauce principal.

Elevación máxima	3,299 m
Elevación media	1,684 m
Elevación mínima	70 m
Longitud	89,359 m
Pendiente media	3.6135%
Tiempo de concentración	452.78 (minutos)
Área drenada	1,442.18 km^2

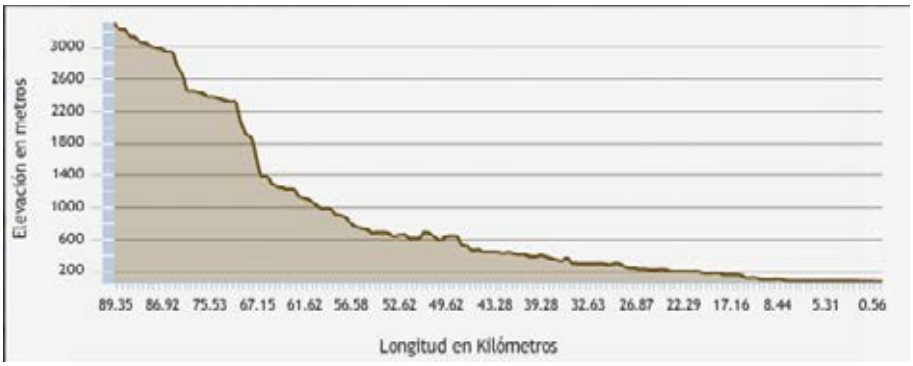


Figura 83. Perfil de elevaciones del cauce principal de la subcuenca RH27Ai (Río Bobos).

Estación Hidrométrica de Referencia: 27001 – Martínez de la Torre

Para este análisis se tomó la serie de cálculo de la estación hidrométrica de Martínez de la Torre de la Cuenca Río Nautla y otros con un registro diario desde el 01 de diciembre de 1952 al 31 de diciembre de 2011, con 59 años de registro.

En los periodos comprendidos del 01 de Enero al 15 de Julio de 1998, del 01 de Enero al 31 de Diciembre de 2006, no se cuenta con datos (Figura 84)

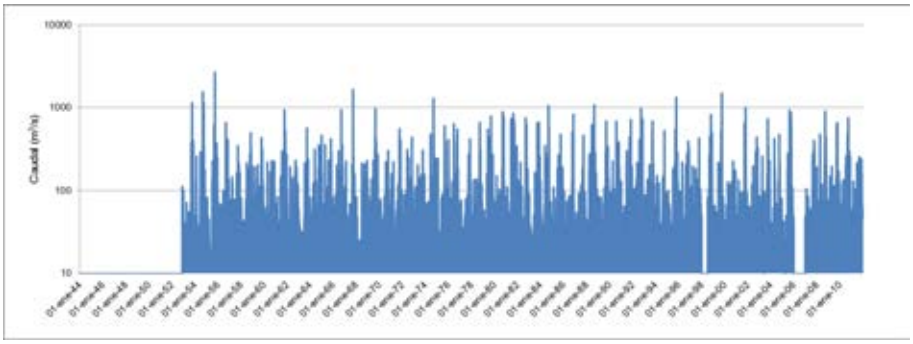


Figura 84. Series hidrológica

Se determinó el Régimen Hidrológico Natural del 01 de diciembre de 1952 al 31 de diciembre de 1983. El Régimen Hidrológico Actual del 01 de Enero de 1984 al 31 de Diciembre de 2011, en donde no ha sido alterado (Cuadro 40, Figura 86 y 87).

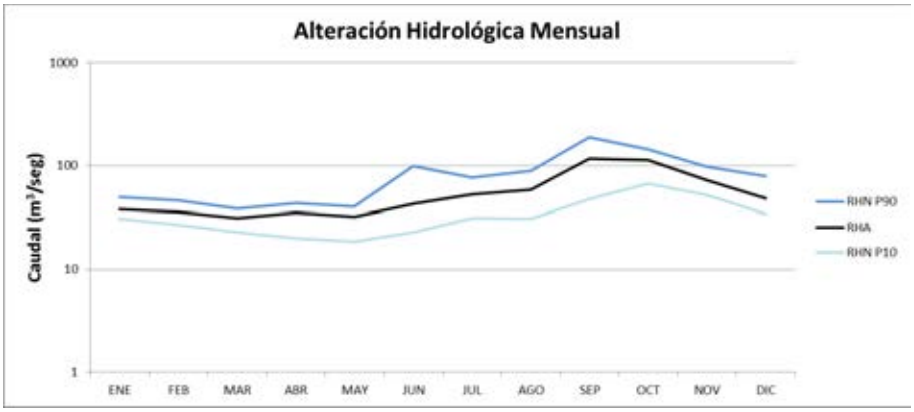


Figura 85. Alteración hidrológica mensual.

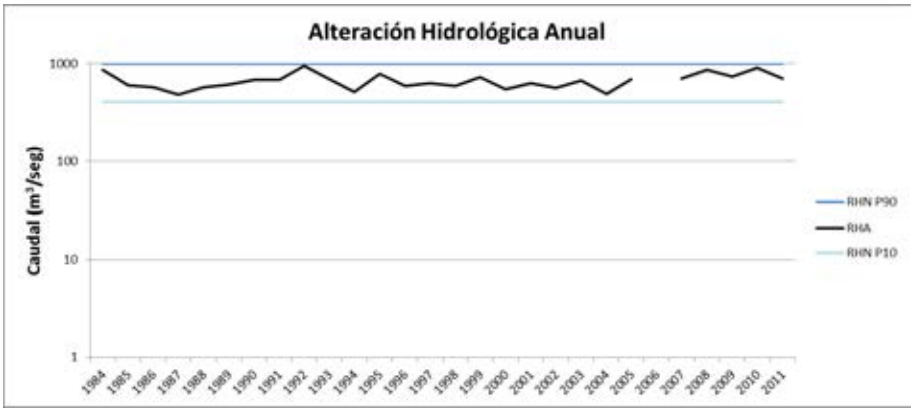


Figura 86. Alteración hidrológica anual.

Cuadro 40. Análisis del régimen hidrológico natural y actual.

Parámetro	P10	P50	P90	Q medio actual (m3/s)	No. meses que cumple	Total meses	% de cumplimiento	Clase
Enero	30.97	37.48	49.97	38.03	13.00	26.00	50.00	
Febrero	26.95	34.73	46.07	35.56	16.00	26.00	61.54	
Marzo	22.74	31.61	38.62	31.14	20.00	26.00	76.92	
Abril	19.85	26.51	43.52	35.33	18.00	26.00	69.23	
Mayo	18.42	24.98	40.26	32.03	21.00	26.00	80.77	
Junio	22.79	37.08	99.38	42.87	24.00	26.00	92.31	
Julio	31.22	54.07	76.43	52.73	22.00	27.00	81.48	
Agosto	30.74	48.85	89.28	58.48	24.00	27.00	88.89	
Septiembre	47.52	89.20	189.27	116.27	23.00	27.00	85.19	
Octubre	67.45	96.06	143.66	113.57	14.00	27.00	51.85	
Noviembre	51.79	66.78	98.03	72.50	13.00	27.00	48.15	
Diciembre	34.08	48.79	78.98	48.26	23.00	27.00	85.19	
Total mensual					231.00	318.00	72.64	No alterada

Parámetro	P10	P50	P90	Aportación media actual (m3/s)	No. años que cumple	Total años	Porcentaje de cumplimiento	Clase
Anual	404.54	596.14	993.48	676.79	27	27	100	No alterada

El caudal promedio anual (Qmi) corresponde a 55.7 m^3/s, el escurrimiento medio anual (EMA) a 1,756.0 Hm^3 y el caudal base a 13.09 m^3/s (Cuadro 41).

Cuadro 41. Valores de Qmi, EMA y Qbase

Caudal promedio anual (m^3/s)	55.7
Escurrimiento medio anual (Hm^3)	1756.0
Caudal de base ($m^{3/}s$)	13.09

II.1.5.4. **Resultados**

II.1.5.4.1. **Caudales ordinarios estacionales**

En la Figura 87 se presentan los hidrogramas para las condiciones hidrológicas de caudales ordinarios estacionales.

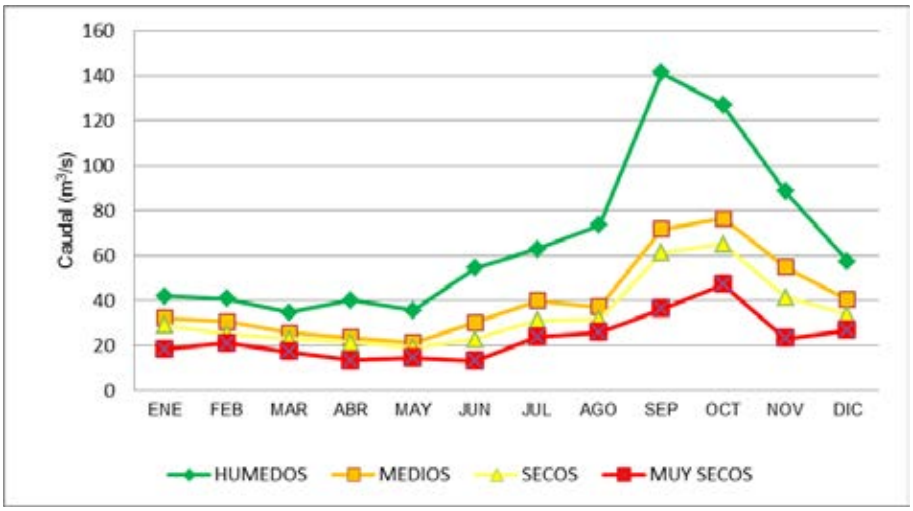


Figura 87. Caudales ordinarios estacionales.

II.1.5.4.2. **Regimen de avenidas**

Se presenta en la figura 88 el caudal máximo para cada año. Se observa que se tiene un Caudal promedio máximo de Qmax= 706.40 m^3/s.

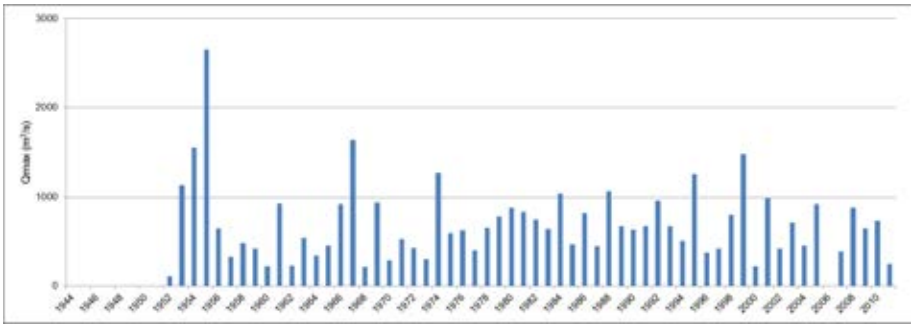


Figura 88. Caudales máximos anuales.

II.1.5.4.2.1. **Magnitud de las avenidas**

La magnitud de la avenida es el caudal esperado para cada periodo de retorno con base en los datos de caudales máximos anuales. Para identificar la magnitud de las avenidas tipo, se toman los caudales máximos anuales de la serie histórica y se realiza un ajuste utilizando diferentes distribuciones estadísticas como son Log Pearson Tipo III, Log Normal. En la Cuadro 42 se presenta el resultado de estos ajustes y en la figura 89 el ajuste de las funciones de probabilidad para la determinación de la magnitud de diferentes periodos de retorno. Con cada función se obtienen diferentes magnitudes, por lo que se realiza un promedio para cada periodo de retorno. De esta forma, la avenida anual (categoría I) se sitúa en un valor de 270 m^3/seg, la avenida con periodo de retorno de 1.5 años (categoría II) en 520 m^3/seg, y de 995 m^3/seg la avenida con periodo de retorno de 5 años (categoría III).

Cuadro 42. Obtención de la Magnitud considerando funciones estadísticas, para diferentes periodos de retorno

Periodo de retorno	Históricos	GUMBEL	LOG III	LOG NORMAL	Promedio	Valor
1.0	456.726		168.5	182.5	269.3	270
1.5	641.861	473.0	478.6	468.2	515.4	520
5.0	958.6	1048.7	989.0	983.2	994.9	995

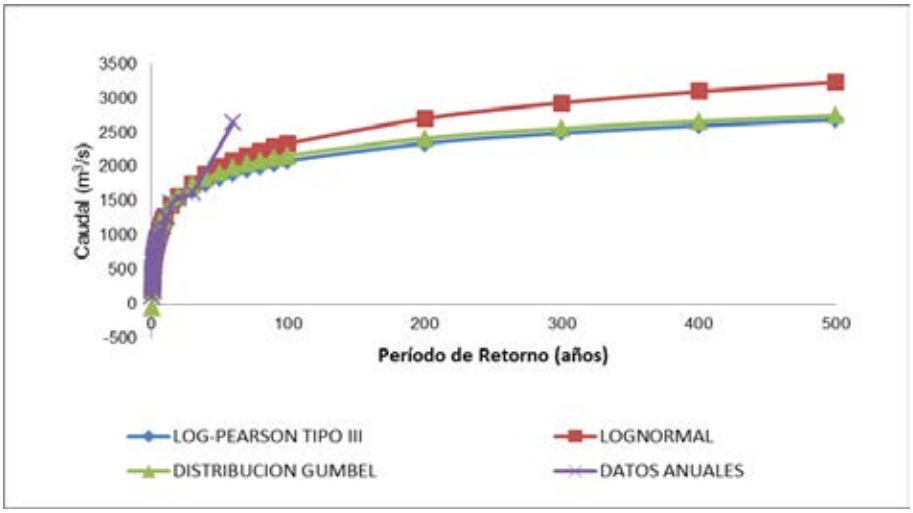


Figura 89. Ajuste de funciones de Probabilidad para la determinación de la magnitud de diferentes periodos de retorno.

II.1.5.4.2.2. **Duración de la avenida**

La duración de la avenida corresponde al número de días que superan la magnitud para cada periodo de retorno. Es decir, a partir de los umbrales identificados (**270** m^3/seg, **520** m^3/seg, y **995** m^3/seg), se identifican los valores sobre umbral (uno por cada periodo de retorno) en la serie completa de caudales diarios. Para conocer la duración de las avenidas para cada categoría se contabiliza el número de días seguidos con valor por encima de sus correspondientes umbrales (los días seguidos constituyen eventos), como se muestran en la Cuadro 43 Por ejemplo, los eventos con duración de 1 día que superaron los umbrales de los periodos de retorno de 1, 1.5 y 5, fueron de 94 eventos, 41 eventos y 9 eventos, respectivamente. Para identificar la duración para cada categoría se usa el porcentaje acumulado en práctica entre el 60%-75%, así para la Categoría I se seleccionó 1.5 días (36 horas), para la Categoría II, 1.5 días (36 horas) y para la Categoría III, 1 día (24 horas).

Cuadro 43. Duración en días de eventos para diferentes categorías.

	Categoría	**Categoría II**	**Categoría**

Duración (días)	I (Tr=1) Nº eventos	% (acumulado)	(Tr=1.5) Nº eventos	% (acumulado)	III (Tr=5) Nº eventos	% (acumulado)
1	94	54.97	41	71.93	9	90.00
2	40	78.36	12	92.98	1	100.00
3	17	88.30	3	98.25	0	100.00
4	12	95.32	1	100.00	0	100.00
5	5	98.25	0	100.00	0	100.00
6	3	100.00	0	100.00	0	100.00
7	0	100.00	0	100.00	0	100.00
8	0	100.00	0	100.00	0	100.00
9	0	100.00	0	100.00	0	100.00
10	0	100.00	0	100.00	0	100.00
11	0	100.00	0	100.00	0	100.00
12	0	100.00	0	100.00	0	100.00
13	0	100.00	0	100.00	0	100.00
14	0	100.00	0	100.00	0	100.00
15	0	100.00	0	100.00	0	100.00
> 15	0	100.00	0	100.00	0	100.00

II.1.5.4.3. **Pulsos de inundación**

Se presenta la diferencia entre la magnitud medida y la correspondiente al periodo de retorno, para 1, 1.5 y 5 años, es decir para un período de retorno de 5 años el evento del 29 de Septiembre de 1955; tiene una diferencia de 1,658 m^3/s, por lo que el caudal en este día fue de: 995+1658 igual a 2,653 m^3/s (figura 91, 92 y 93).

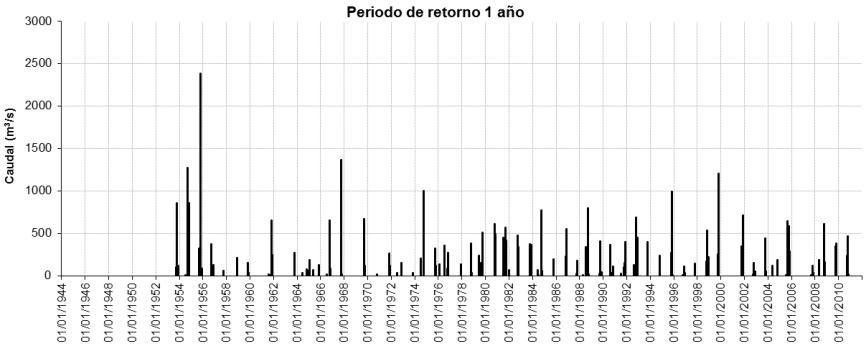


Figura 90. Pulsos de inundación (Periodo de retorno 1 año).

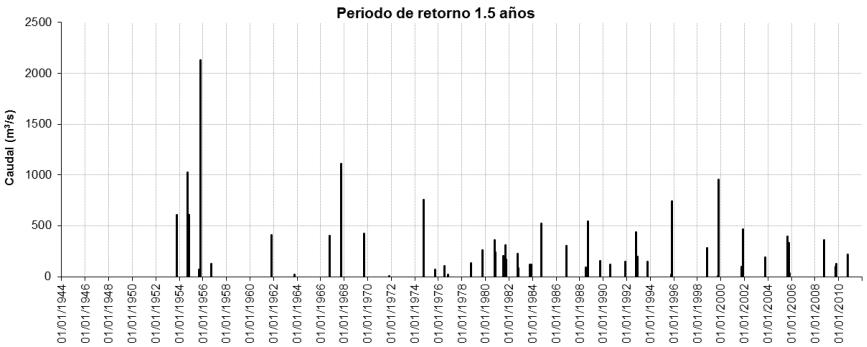


Figura 91. Pulsos de inundación (Periodo de retorno 1.5 años).

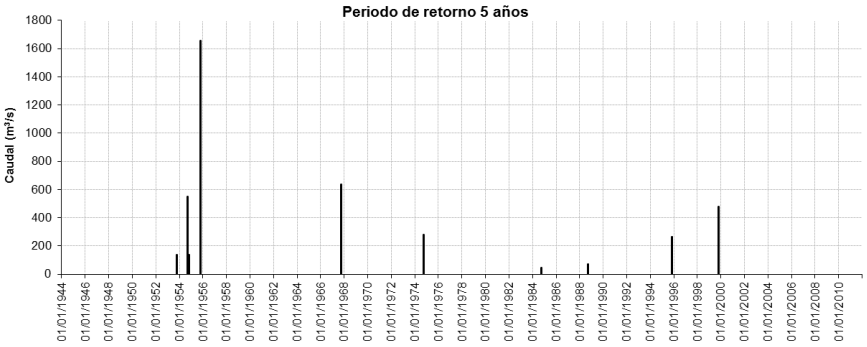


Figura 92. Pulsos de inundación (Periodo de retorno 5 años).

Momento de ocurrencia

El momento de ocurrencia identifica los meses en que ocurrieron avenidas que superaron el umbral. Para la determinación del momento de ocurrencia, se contabiliza para cada categoría los meses en los que se producen (Cuadro 44). Para elegir el momento, se puede considerar la suma de los días con crecida que represente el 90% de los meses. Considerando las tres categorías, el momento de ocurrencia es de Septiembre – Octubre.

Cuadro 44. Momento de ocurrencia para diferentes categorías

Mes	Categoría I (Tr=1) Días con crecida	%	Categoría II (Tr=1.5) Días con crecida	%	Categoría III (Tr=5) Días con crecida	%
Ene	2	0.63	0	0.00	0	0.00
Feb	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Mar	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Abr	4	1.27	0	0.00	0	0.00
May	1	0.32	0	0.00	0	0.00
Jun	23	7.28	3	3.85	0	0.00
Jul	5	1.58	0	0.00	0	0.00
Ago	16	5.06	4	5.13	0	0.00
Sep	133	42.09	41	52.56	6	54.55
Oct	94	29.75	26	33.33	5	45.45
Nov	36	11.39	4	5.13	0	0.00
Dic	2	0.63	0	0.00	0	0.00
Total	316	100.00	78	100.00	11	100.00

Con base en lo anterior, se resumen los atributos hidrológicos para cada categoría de avenidas, de magnitud, duración y momento (Cuadro 45).

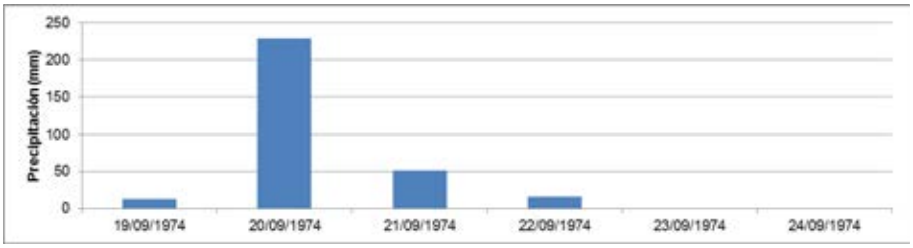
Cuadro 45. Resumen de atributos hidrológicos para el régimen de avenidas

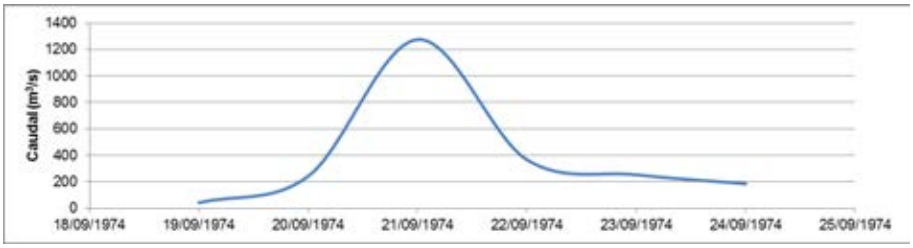
	Categoría	Categoría II	Categoría III
Magnitud (m^3/s)	270	520	995
Duración (horas)	36	36	24
Momento	Septiembre - Octubre		

II.1.5.4.4. **Hietogramas e hidrogramas observados**

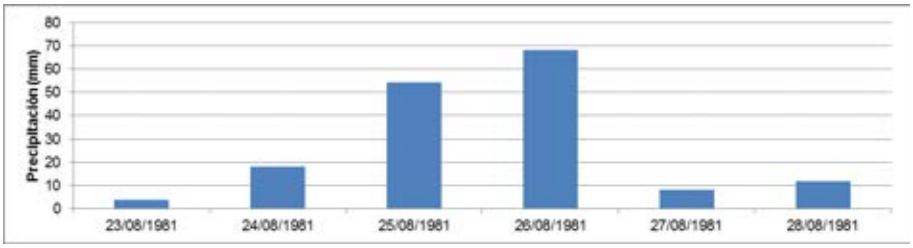
Con base en el registro histórico de la estación climatológica y la estación hidrométrica de la zona. Se identificaron las tormentas de los años 1974, 1981 y 1999.

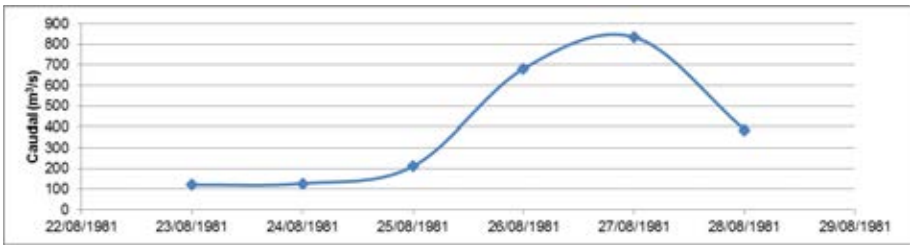
19-24 septiembre de 1974



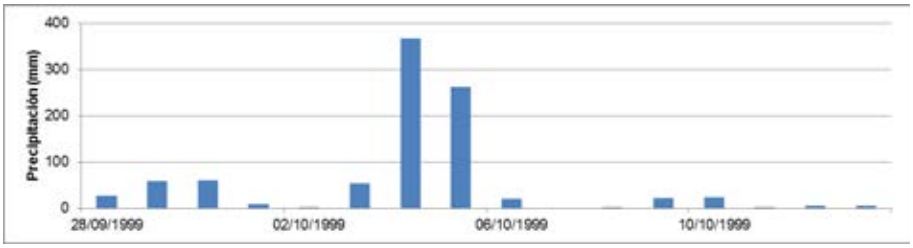


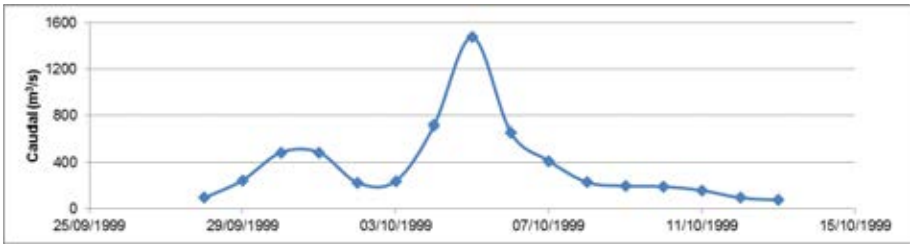
23-28 agosto 1981





28 septiembre-13 de octubre de 1999





Calibración

Para la calibración del modelo se consideró la tormenta del 19 al 24 de septiembre de 1974. El HEC-HMS considera los siguientes componentes para la transformación de lluvia en escurrimiento: características de la cuenca (área en km^2, CN), pérdidas (abstracción inicial), transformación (tiempo de concentración), datos de precipitación, modelo meteorológico, período de simulación (*control specified manager*) (Figura 93).

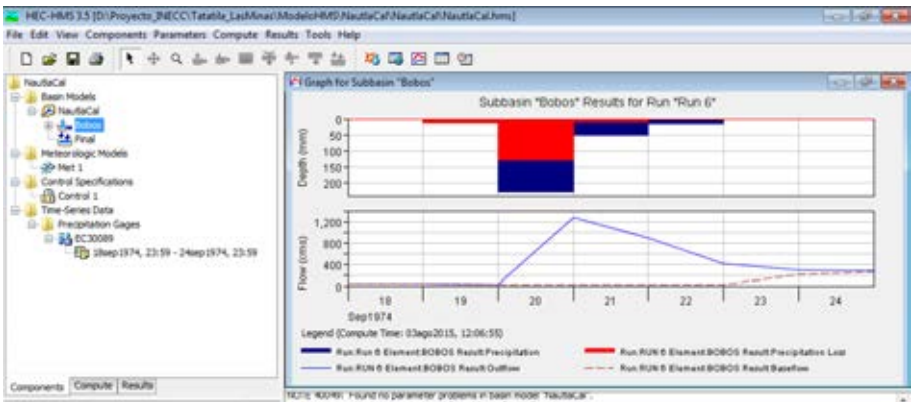


Figura 93. Componentes de la simulación hidrológica HEC-HMS.

En la Cuadro 46 se presentan los datos de entrada y se calibró ajustando el número de curva, así como la abstracción inicial.

Cuadro 46. Datos de alimentación del modelo para la subcuenca Bobos.

Subcuenca Bobos	
Área drenada	1,442.18 km^2
Tiempo de concentración	271.67 (min)
CN	60
Abstracción inicial	50.8 mm

Descarga inicial	41.12 m^3/s
Recesión	0.9

Con base en los datos de alimentación del modelo se obtiene el hidrograma de la figura 94. En particular para el caudal pico medido el 21 de septiembre de 1974 fue de 1,234 m^3/s y el simulado de 1,282 m^3/s, por lo que se puede considerar que el modelo simula los escurrimientos máximos. Es importante identificar que el hidrograma observado muestra una disminución de caudales más rápido que el simulado.

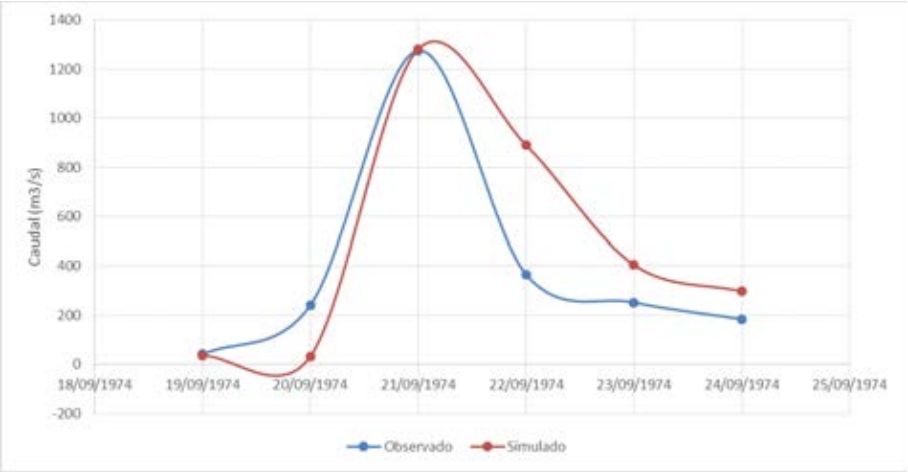


Figura 94. Hidrograma observado y simulado

II.1.5.5. **Modelo hidráulico**

Los modelos hidráulicos permiten conocer con base en la geometría del cauce, obtenida con secciones transversales, la altura de inundación que es probable, según el caudal de entrada para diferentes períodos de retorno.

En la figura 95 se presenta el cauce y la propuesta de secciones transversales en un tramo del río.

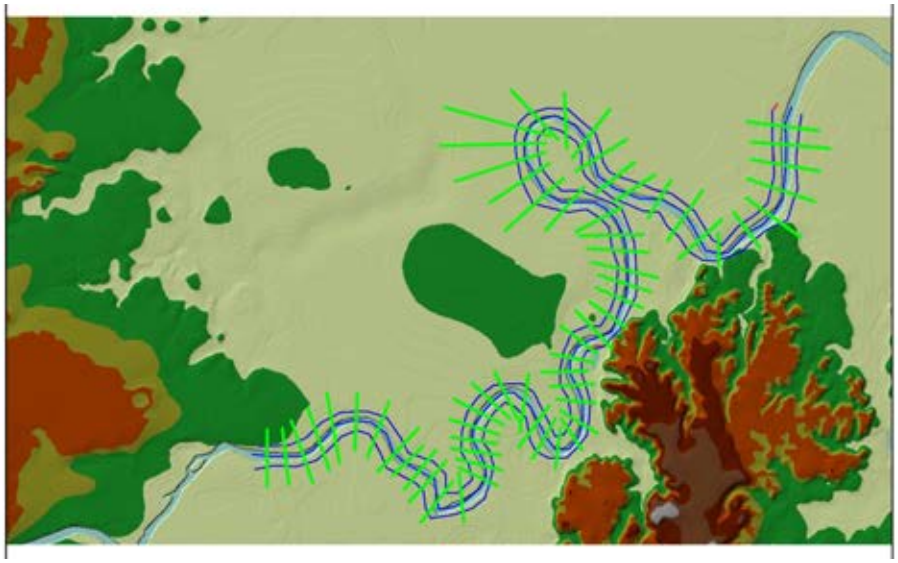


Figura 95. Secciones transversales para la simulación hidráulica.

En la figura 96 se presentan los resultados de la simulación hidráulica para los períodos de retorno de 1, 5, 50,100 y 500 años; así como el evento de 1984.

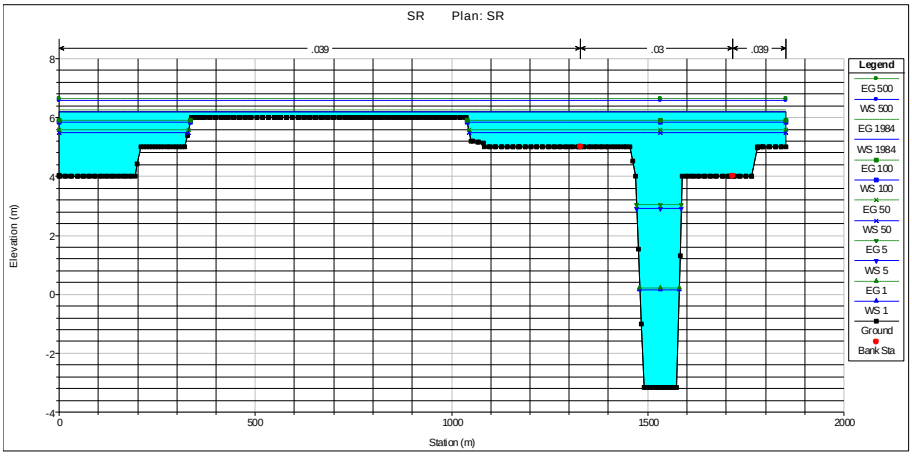


Figura 96. Resultados de la simulación hidráulica para los períodos de retorno de 1, 5, 50,100 y 500 años, así como el evento de 1984.

En la Cuadro 47 se presentan los resultados de la modelación hidráulica y en la figura 97, la curva de elevación-gasto. Con esta curva es posible identificar un tirante para un gasto determinado e identificar el caudal de desborde, por lo que puede ser una herramienta para monitoreo del cauce del río.

Cuadro 47. Resultados de la simulación hidráulica para los períodos de retorno de 1, 5, 50,100 y 500 años.

Período de retorno	Caudal (m^3/s)	Tirante
1984 (Evento)	2566	9.34
1	270	3.31
5	995	6.05
50	1920	8.65
100	2205	8.98
500	2895	9.73

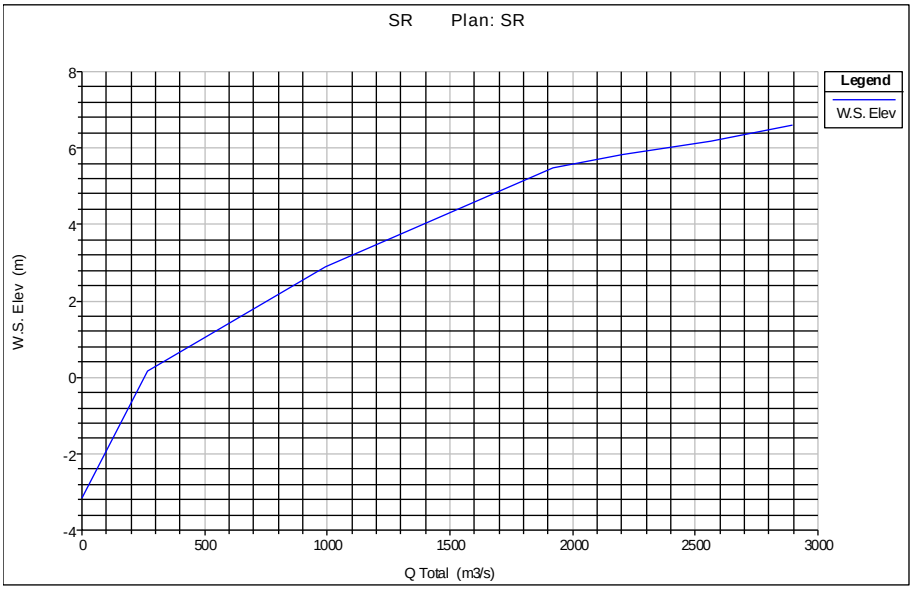


Figura 97. Curva elevación-gasto.

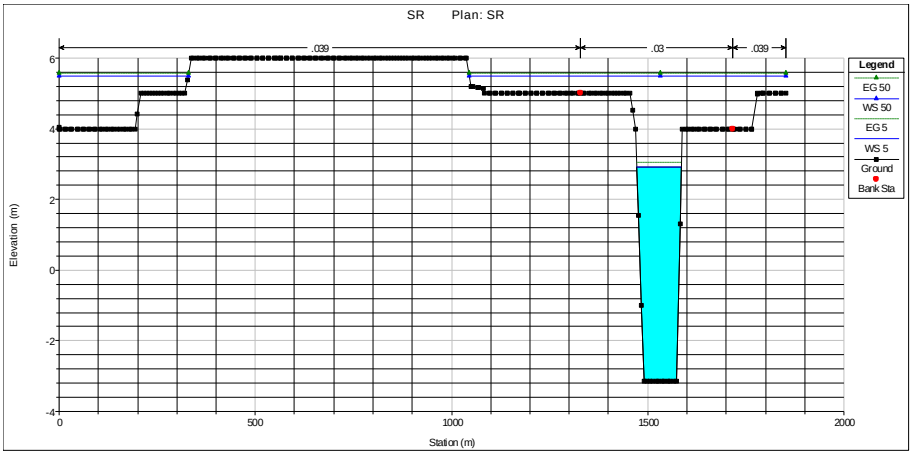


Figura 98. Tirante de inundación para un período de retorno de 5 y 50 años.

En las siguientes figuras se presentan los mapas de inundación que corresponden a los períodos de retorno de 5, 100 y el evento de 1984. Se observa que el caudal para el período de 5 años no representa un peligro de inundación, sin embargo para 100 años existe una similitud entre éste y el evento de 1984.

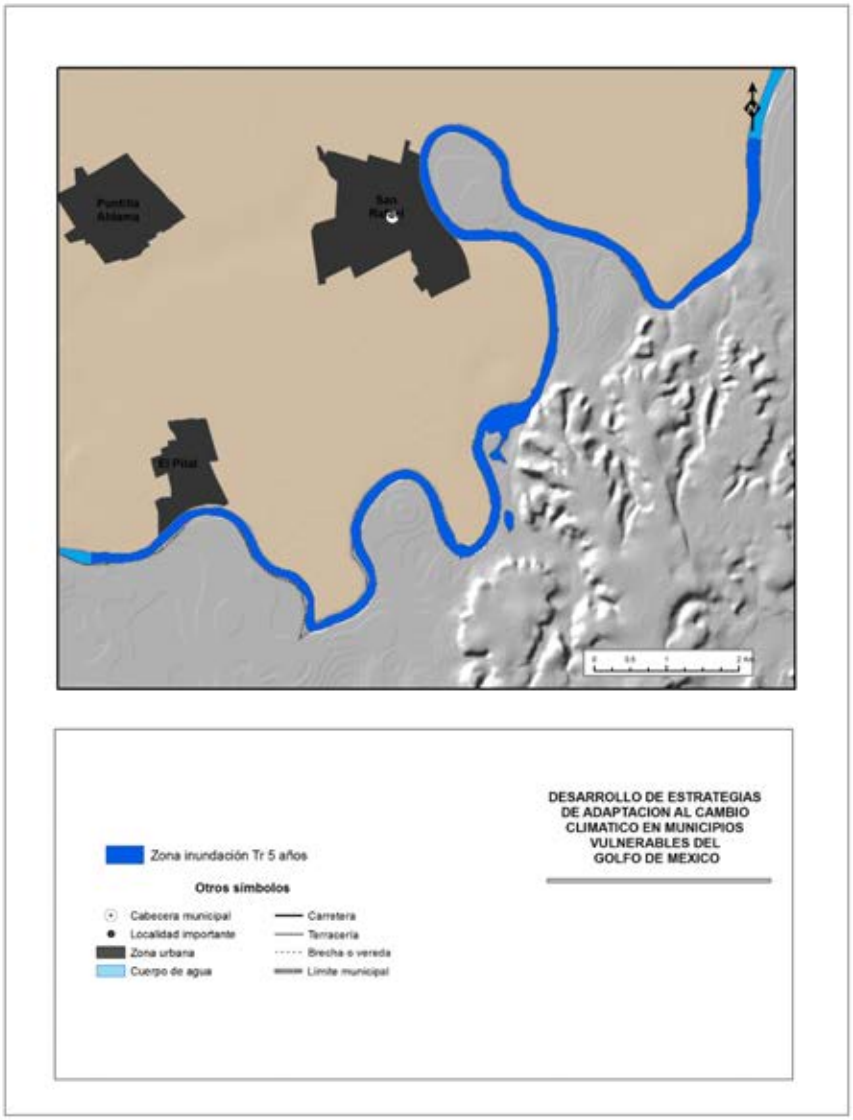


Figura 99. Zona de inundación a 5 años.

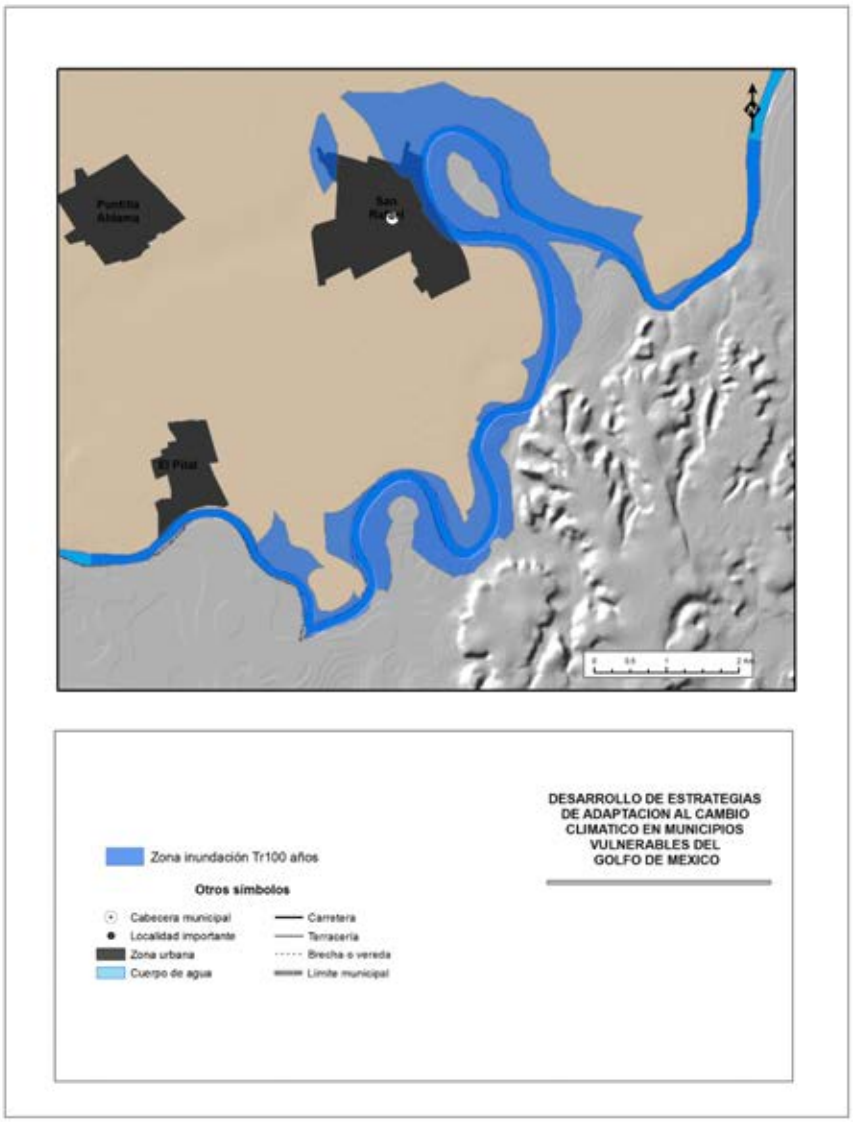


Figura 100. Zona de inundación a 100 años.

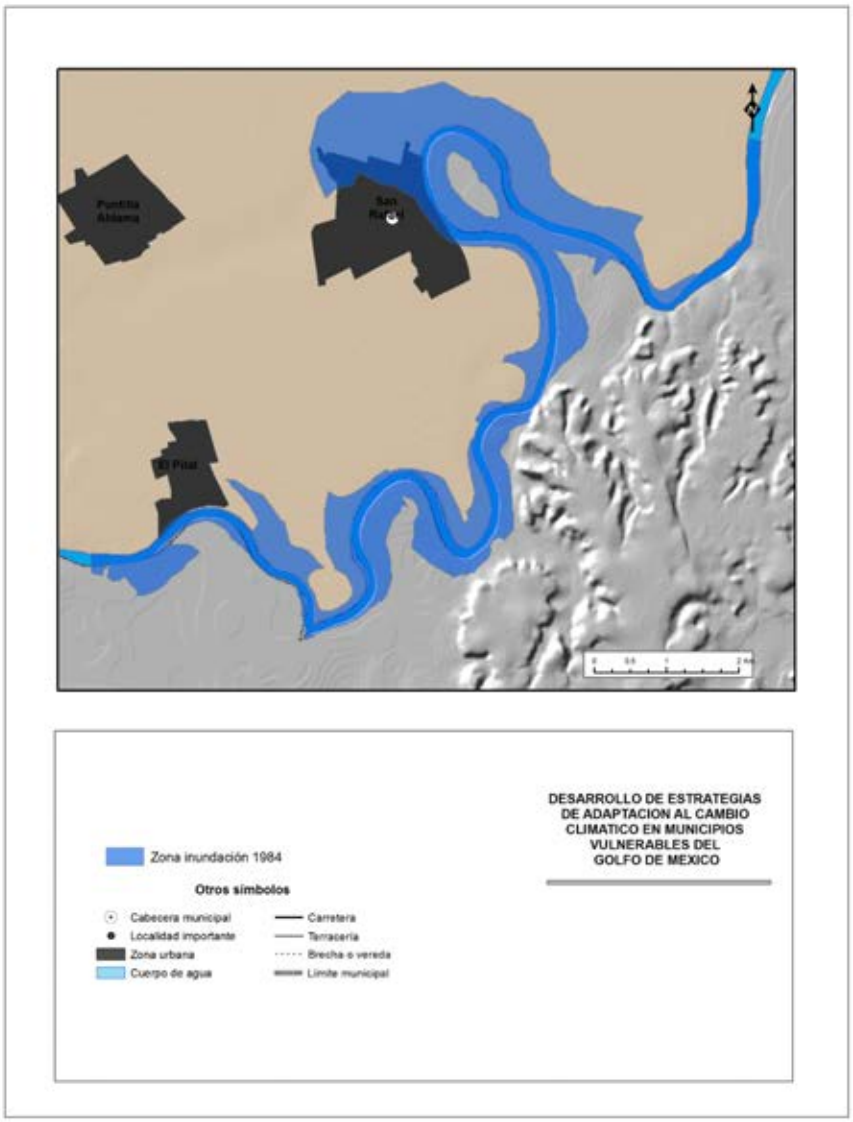
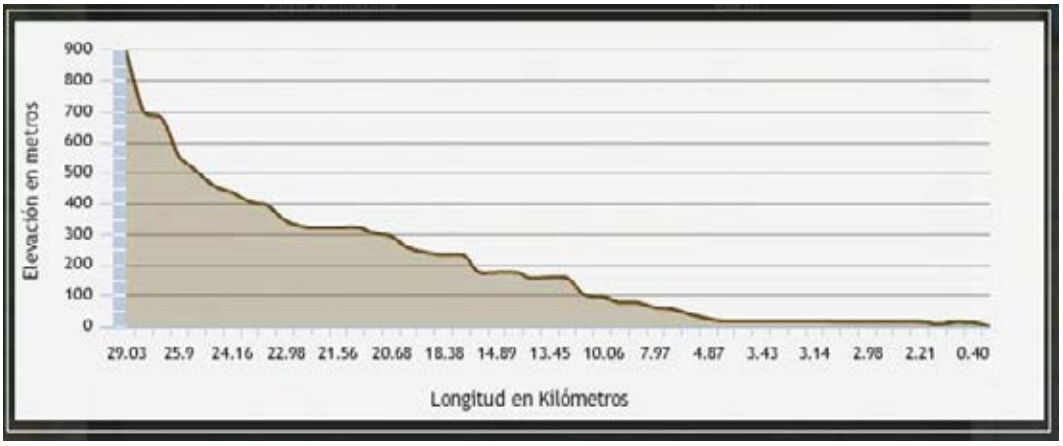


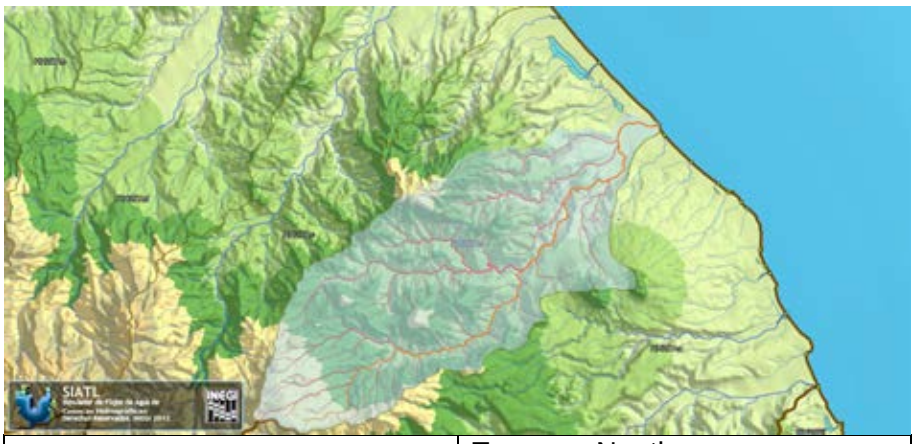
Figura 101. Zona de inundación en el evento 1984

Anexo 1. Parámetros morfométricos de las subcuencas

Región HidroFigura	Tuxpan - Nautla
Cuenca	R. Nautla y otros
Subcuenca	R. Barranca Hernández
Clave	RH27Aa
Área	267 Km^2
Indicadores del cauce principal	
Elevación máxima	896 m
Elevación media	448 m
Elevación mínima	1 m
Longitud	29037 m
Pendiente media	3.08%
Tiempo de concentración*	203.00 (minutos)
Área drenada	137.52 km^2

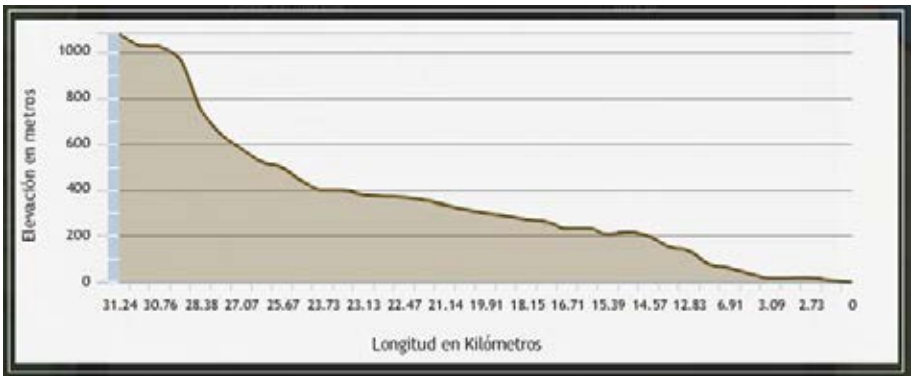
Perfil de elevaciones





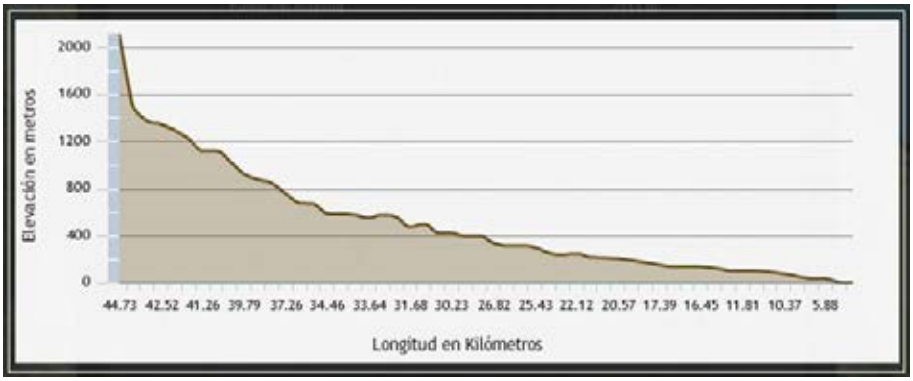
Región HidroFigura	Tuxpan - Nautla
Cuenca	R. Nautla y otros
Subcuenca	R. Santa Ana
Clave	RH27Ab
Área	242.23 Km^2
Indicadores del cauce principal	
Elevación máxima	1079 m
Elevación media	539 m
Elevación mínima	0 m
Longitud	31248 m
Pendiente media	3.45%
Tiempo de concentración*	204.55 (minutos)
Área drenada	176.59 km^2

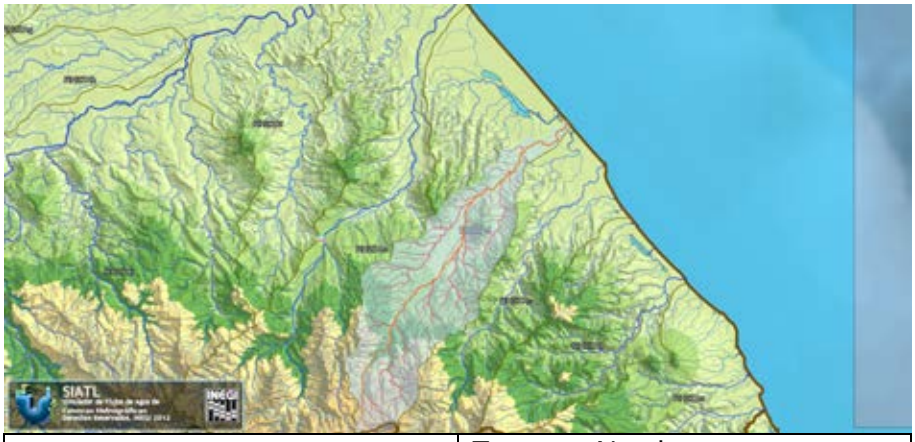
Perfil de elevaciones



Región HidroFigura	Tuxpan - Nautla
Cuenca	R. Nautla y otros
Subcuenca	R. Yachite
Clave	RH27Ac
Área	265.41 Km^2
Indicadores del cauce principal	
Elevación máxima	2113 m
Elevación media	1057 m
Elevación mínima	2 m
Longitud	44732 m
Pendiente media	4.72%
Tiempo de concentración*	237.51 (minutos)
Área drenada	187.45 km^2

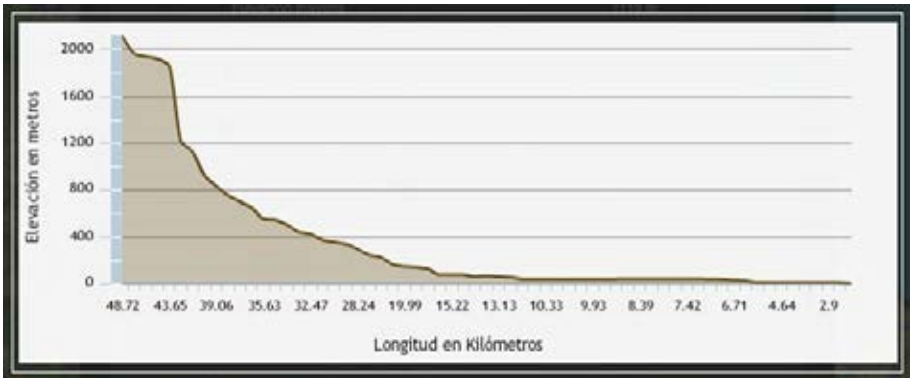
Perfil de elevaciones





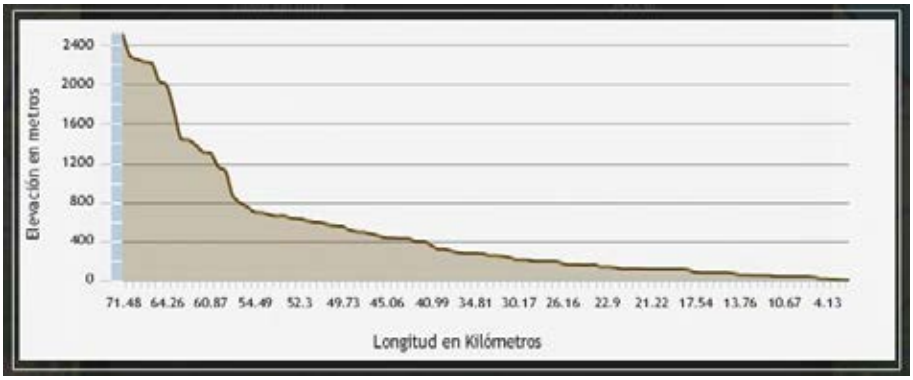
Región HidroFigura	Tuxpan - Nautla
Cuenca	R. Nautla y otros
Subcuenca	R. Colipa
Clave	RH27Ad
Área	423.92 Km^2
Indicadores del cauce principal	
Elevación máxima	2119 m
Elevación media	1059 m
Elevación mínima	0 m
Longitud	48724 m
Pendiente media	4.35%
Tiempo de concentración*	262.08 (minutos)
Área drenada	255.47 km^2

Perfil de elevaciones



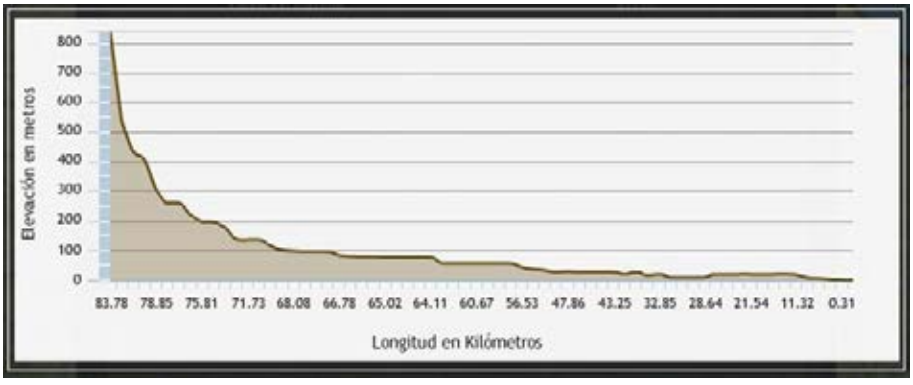
Región HidroFigura	Tuxpan - Nautla
Cuenca	R. Nautla y otros
Subcuenca	R. Mizantla
Clave	RH27Ae
Área	585.58 Km^2
Indicadores del cauce principal	
Elevación máxima	2525 m
Elevación media	1263 m
Elevación mínima	2 m
Longitud	71485 m
Pendiente media	3.53%
Tiempo de concentración*	383.94 (minutos)
Área drenada	433.87 km^2

Perfil de elevaciones



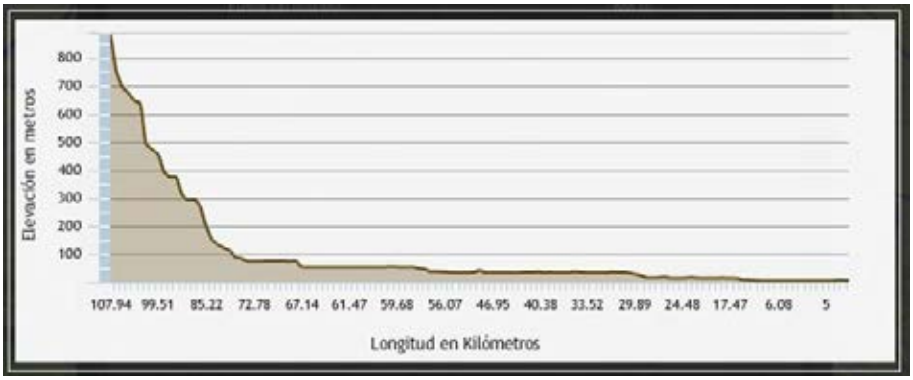
Región HidroFigura	Tuxpan - Nautla
Cuenca	R. Nautla y otros
Subcuenca	R. Nautla
Clave	RH27Af
Área	719.93 Km^2
Indicadores del cauce principal	
Elevación máxima	835 m
Elevación media	417 m
Elevación mínima	0 m
Longitud	83782 m
Pendiente media	1.00%
Tiempo de concentración*	704.57 (minutos)
Área drenada	691.43 km^2

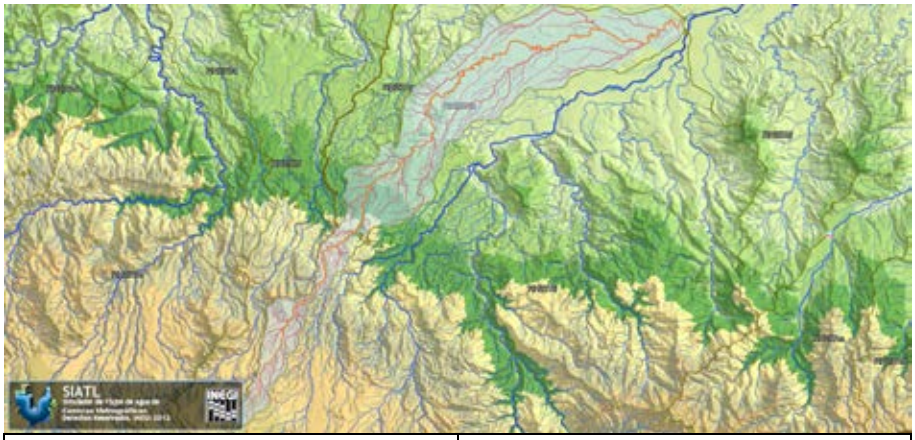
Perfil de elevaciones



Región HidroFigura	Tuxpan - Nautla
Cuenca	R. Nautla y otros
Subcuenca	A. Solteros
Clave	RH27Ag
Área	572.44 Km^2
Indicadores del cauce principal	
Elevación máxima	886 m
Elevación media	447 m
Elevación mínima	9 m
Longitud	107940 m
Pendiente media	0.81%
Tiempo de concentración*	926.89 (minutos)
Área drenada	426.25 km^2

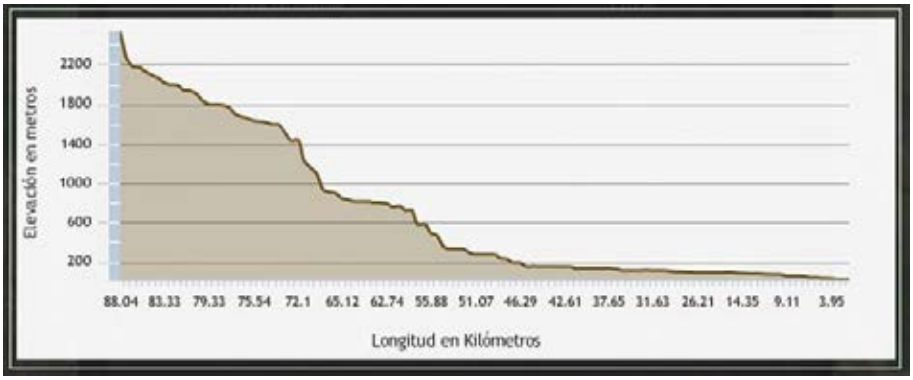
Perfil de elevaciones

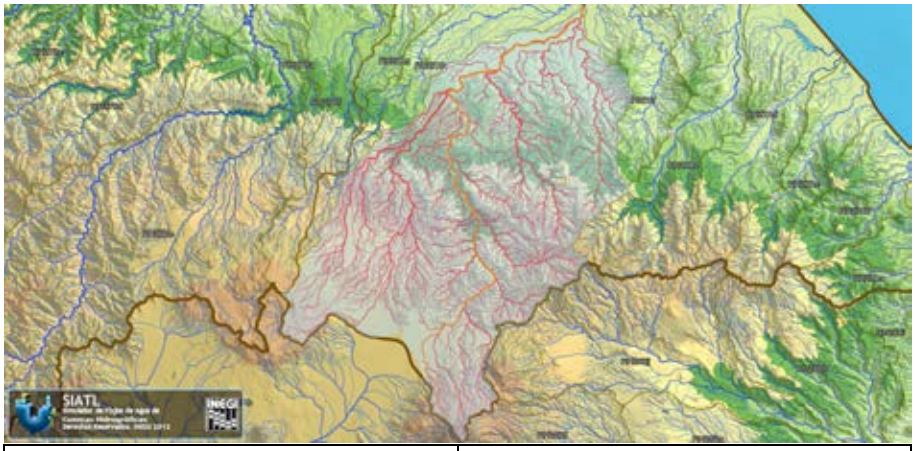




Región HidroFigura	Tuxpan - Nautla
Cuenca	R. Nautla y otros
Subcuenca	R. María de la Torre
Clave	RH27Ah
Área	294.62 Km^2
Indicadores del cauce principal	
Elevación máxima	2539 m
Elevación media	1286 m
Elevación mínima	33 m
Longitud	88047 m
Pendiente media	2.85%
Tiempo de concentración*	492.06 (minutos)
Área drenada	282.92 km^2

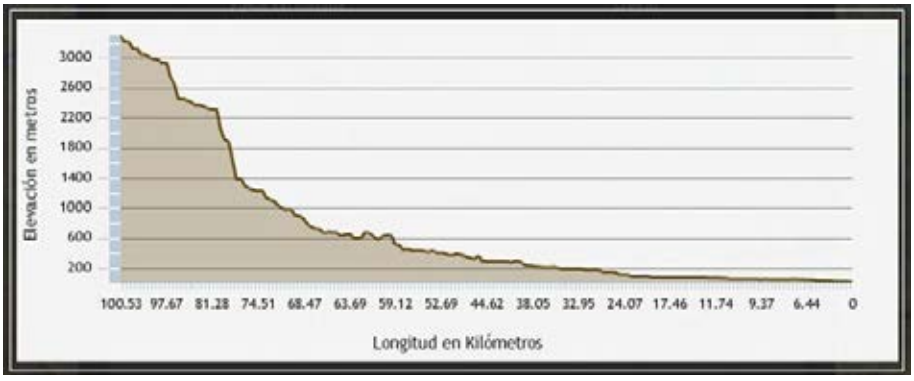
Perfil de elevaciones





Región HidroFigura	Tuxpan - Nautla
Cuenca	R. Nautla y otros
Subcuenca	R. Bobos
Clave	RH27Ai
Área	1789.85 Km^2
Indicadores del cauce principal	
Elevación máxima	3299 m
Elevación media	1660 m
Elevación mínima	22 m
Longitud	100533 m
Pendiente media	3.26%
Tiempo de concentración*	515.34 (minutos)
Área drenada	1769.84 km^2

Perfil de elevaciones



REFERENCIAS

Aparicio- Mijares. F. J. *Fundamentos de hidrología de superficie*, Primera reimpresión, México, Limusa, 1992, p. 303

Arlen- D. F. *Technical Reference Manual CPD-74B,* 441 G St., NW, Washington, DC, HQ U.S, Army Corps of Engineers, Washington, DC, USA, 2000, p.149

BANDAS Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales [en línea]. [Fecha consulta: 5 marzo 2015]. Disponible en: http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/Portada%20BANDAS.htm)

Breña Puyol A., Jacobo Villa M.A., *Principios y fundamentos de la Hidrología Superficial*, México D.F, Universidad Autónoma Metropolitana, 2006, p.289

Conabio-Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. [en línea]. [Fecha de consulta: 5 Enero 2014]. Disponible en: http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/

INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Datos vectoriales digitales. Capas temáticas de Uso de Suelo y Vegetación, Edafología. Serie III. Escala 1:250,000

LAN (2004) Ley de aguas nacionales (Comisión Nacional del Agua

Salas Salinas M.A., Jiménez Espinosa M. *Inundaciones-Serie Fascículos*. 1ª.ed. México. CENAPRED-SEGOB, 2007, pp.3-12.

SIATL [en línea]. [15 abril 2015:]. Disponible en: http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/SIATL/#app=f4c9&e312-selectedIndex=0&4c68-selectedIndex=0

USACE -US Army Corps of Engineers. *Hydrologic Modeling System HEC-HMS User´s Manual*, USA, Hydrologic Engineering Center, 2010, Version 3.5, 318 pp.

USSCS U.S. Soil Conservation Service. National Engineering Handbook Supplement A. Hydrology, USA, Soil Conservation Service, 1957, Sec. 4.

II.2. **SENSIBILIDAD SOCIOECONÓMICA Y VALORACIÓN ECOSISTÉMICA ANTE EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS**

De acuerdo con los pasos planteados para llevar a cabo el análisis de la vulnerabilidad socioambiental frente al cambio climático, hasta el momento hemos definido las zonas con mayores **peligros ante eventos climáticos**, e identificado las zonas con mayores niveles de **exposición** de la población, los ecosistemas, las actividades productivas y la infraestructura, mediante la superposición de los mapas de peligros con esta información, identificando aquellos lugares donde los habitantes, sus bienes y sus actividades económicas se encuentran más expuestos.

El siguiente paso, que corresponde al presente capítulo, consiste en delimitar territorialmente un índice de **sensibilidad socioeconómica a nivel de localidad** que nos oriente en la identificación de aquellas poblaciones que por sus rezagos sean más vulnerables ante eventos climáticos extremos actuales y futuros, así como un indicador que valore la **importancia de los ecosistemas como amortiguadores de los impactos del cambio climático**. Con esta información será posible identificar las zonas de mayor **impacto potencial** y definir la **vulnerabilidad socioambiental** de los municipios de Las Minas y Tatatila, Ver. La capacidad de adaptación (+ o –) va a actuar como un modulador de esta vulnerabilidad.

II.2.1. **Sensibilidad socioeconómica a nivel de localidad en los municipios de Las Minas y Tatatila, Veracruz**

II.2.1.1. **Introducción**

La estimación de un índice de sensibilidad socioeconómica para las localidades de los municipios de Las Minas, y Tatatila, Veracruz, constituye, a la vez que un insumo para la elaboración de un Plan de adaptación a los efectos del

Cambio Climático en estos municipios, la base de una propuesta metodológica que con el mismo propósito pueda replicarse en otras regiones del país.

Visto como posibilidad de propuesta metodológica replicable en otras regiones, el ejercicio que se presenta para la construcción de tal índice ocupó herramientas estadísticas sencillas que, se piensa, facilitarían su réplica sin mayores complicaciones.

II.2.1.1.1. **Elementos teóricos, conceptuales y operacionales**

El índice de sensibilidad socioeconómica estimado se enmarca teórica y conceptualmente en la idea de que un sistema puede ser afectado o beneficiado por eventos, en este caso los relacionados con el Cambio Climático, dependiendo de una serie de factores entre los que se encuentran: la falta de acceso a recursos (por ejemplo, información, conocimiento y tecnología); acceso limitado al poder político y a la representación; capital social limitado (por ejemplo, acceso limitado a redes o conexiones sociales); el nivel de acceso a vivienda y su calidad; limitaciones físicas individuales, y nivel de acceso a infraestructura y su calidad (por ejemplo, vías de comunicación, hospitales, etc.). Otros factores importantes que pueden determinar las condiciones de vulnerabilidad en una sociedad son la inequidad, la marginación social, la falta de acceso a seguros y la inseguridad alimentaria (SEMARNAT-INECC. 2012. Pag. 63).

En suma, se puede concluir que la sensibilidad de las poblaciones se encuentra asociada con sus niveles de desarrollo.

Operacionalmente al término vulnerabilidad se le ha dado contenido de diversas maneras. Ya sea con algún aspecto específico de la realidad social o económica (vulnerables por carencias sociales, o vulnerables por ingresos –

CONEVAL- por ejemplo) o también, bajo una óptica temática más amplia, con la incorporación de factores económicos, sociales y culturales puestos en relación con algún tipo de evento o situación (vulnerabilidad social frente a los desastres, -CENAPRED-por ejemplo).

De manera similar a este último enfoque, pero en el contexto del cambio climático, el concepto es tratado por Monterroso et al. (2013) como una función de la exposición, la sensibilidad y la capacidad adaptativa de un lugar. Es decir, lo que en la primera perspectiva señalada el objetivo es la estimación de un índice que da cuenta de la "predisposición o propensión a ser afectado de manera adversa por la existencia de ciertas condiciones sociales", en las otras tal índice resulta ser un insumo más en la evaluación de esa predisposición o propensión frente a determinados acontecimientos o procesos que, en el caso de estos autores son los efectos del cambio climático. Es en esta última formulación de la vulnerabilidad en donde se ubica esta propuesta de construcción de un índice de sensibilidad socioeconómica de la población.

II.2.1.2. **Casos y variables**

El índice de sensibilidad socioeconómica para localidades que se estima en este trabajo es de naturaleza multivariada, lo que supone necesariamente la disposición de información pertinente referida a ellas; para ese nivel de desagregación se cuenta con los censos de población y vivienda levantados por el INEGI. Sin embargo, censalmente no todas las localidades cuentan con la totalidad de variables. Debido a la normatividad que rige al INEGI, de las localidades de una y dos viviendas solo es publicable la información relativa a la población total que las habita. No contienen otra información. Por tanto, a estas localidades se les evalúa teniendo en cuenta solo ese dato, tal como se explica más adelante.

Para la estimación del índice de sensibilidad socioeconómica a nivel de localidad de este estudio se seleccionaron 16 variables -12 de las cuales son propuestas en los *"Indicadores de Talleres"*- agrupadas temáticamente en 7 rubros: Vivienda, servicios y bienes, Salud, Discapacidad, Población, Educación-Tecnología, Género y Economía. Cada una de las variables tuvo idéntica ponderación en la estimación.

El siguiente cuadro (48) muestra los temas, las variables, la justificación de su inclusión y el sentido en que fue tomado cada indicador.

Cuadro 48. Variables seleccionadas para la estimación del índice de sensibilidad socioeconómica.

TEMA	Nº	INDICADOR	JUSTIFICACIÓN/ORIENTACIÓN
Vivienda, servicios y bienes	1	% de viviendas particulares habitadas sin agua entubada	Carencia de servicios públicos básicos y piso de tierra en las viviendas es indicador de múltiples aspectos entre los que se pueden citar la exclusión de los beneficios del desarrollo, condiciones adversas para la vida diaria, la higiene y la salud. Mayor número de hogares con carencias, mayor sensibilidad.
	2	% de viviendas particulares habitadas sin drenaje	
	3	% de viviendas particulares habitadas sin energía eléctrica	
	4	% de VPH con piso de tierra	
	5	% de VPH sin vehículo automotor	Capacidad de movilidad, para evacuación, búsqueda y traslado de ayuda. Mayor número de hogares sin automotor, mayor sensibilidad.

Salud	6	% de población sin derecho a servicios de salud	La carencia en SS eleva la sensibilidad en tanto que los costos de los tratamientos para resarcir los daños a la integridad física y a la salud por desastres son afrontados a costa de los activos familiares. Mayor % de población sin derechohabiencia, mayor sensibilidad.
Discapacidad	7	% de población con limitación en la actividad	La discapacidad física limita las posibilidades de evacuación y desplazamiento en caso de emergencias; también reduce las posibilidades de recepción y comprensión de información sobre prevención, mitigación, adaptación y acción en caso de emergencias. Mayor % de población con limitación en la actividad, mayor sensibilidad.
Población	8	Tamaño de población	Tomada como posibilidades de existencia de equipamiento. Menor tamaño de localidad corresponde a mayor sensibilidad.
Educación/Tecnología	9	% de población analfabeta	Limitaciones en la interpretación de información sobre prevención. Mayor % de población analfabeta, mayor sensibilidad.
	10	% de población mayor de 18 años sin educación post básica	Calificación que posibilita la movilidad social, capacidad de gestoría, planeación e innovación de las actividades productivas. A menor porcentaje de población con educación posbásica corresponde mayor sensibilidad SE.
	11	% de VPH sin radio	Instrumentos de recepción y distribución de información antes durante y después de un evento peligroso. Mayor % de VIV sin TV y sin celular, mayor sensibilidad.
	12	% de VPH sin TV	
Género	13	% de población en hogares con jefatura femenina	Género por lo general reducido al ámbito doméstico, menor acceso a la información y participación, así como a la toma de decisiones. Sector poblacional con mayor exposición a la exclusión social. Mayor % de Hogares con Jefatura femenina, mayor sensibilidad.
Economía	14	Tasa neta de actividad económica	Indicador de la masa trabajadora activa de la localidad. Tasas menores se toman como la existencia de menores oportunidades laborales en el lugar y menores ingresos a los hogares. CALIFICACIÓN INVERSA: menor tasa, mayor sensibilidad.
	15	Razón de dependencia económica	Relación entre la población ocupada y el total de la población. Indica la carga promedio - medida en personas- que cada trabajador

			sostiene. Mayor dependencia = mayor sensibilidad
	16	Tasa de desempleo	Sector de la PEA en "paro", sin oportunidad de ocupación en el sector formal de la economía y, por tanto, sin prestaciones sociales. Ausencia del derecho al trabajo. Mayor nivel de desempleo, mayor sensibilidad

Tratamiento de las variables

Una vez dispuesta la base de datos (Anexo 1) con las variables de interés y con la finalidad de trabajar con magnitudes en una misma escala, estas fueron tratadas –con excepción del tamaño de la población- con procedimientos básicos y sencillos consistentes en proporciones y tasas preferentemente.

Procedimiento general

Antes de entrar a describir el procedimiento utilizado para la estimación del índice es necesario apuntar un par de cuestiones:

a. debido al reducido número de localidades en estos dos municipios, 12 en un caso y 43 en el otro, se optó por establecer solo tres niveles de sensibilidad, pues se consideró que no tendría mucho sentido ampliar el número de categorías en un universo tan pequeño de localidades; y

b. que se ocuparon las categorías de Media, Alta y Muy Alta –y no Baja, Media y Alta- para indicar el nivel de sensibilidad de las localidades en estos municipios, en tanto que son asentamientos que se encuentran en una situación de profundo atraso en prácticamente todos los indicadores sociales, económicos y de infraestructura que se quiera. Son localidades con Altos y Muy Altos índices de marginación y, como entidades municipales, se ubican igualmente con grado Muy

Alto de marginación y con una incidencia de la pobreza que abraza alrededor de 90% de su población.

Con apoyo del programa arc view cada variable previamente tratada –convertida ya en porcentaje o tasa- fue estratificada a través del método *rompimiento natural* en 3 clases a las que posteriormente se les asignó un valor. Al respecto, resulta imprescindible apuntar un par de cuestiones:

Los valores asignados fueron números naturales del 1 al 3, estableciéndose un gradiente de menor a mayor sensibilidad en correspondencia con la magnitud del número (uno = menor sensibilidad; tres = mayor sensibilidad). A su vez, éstos pasaron a sustituir en cada localidad el valor que cada una de las 16 variables alcanzó en ella.

Enseguida se realizó una sumatoria de las puntuaciones obtenidas en las 16 variables para cada localidad. Este resultado fue procesado nuevamente en arc view para estratificarlo también en 3 clases con el mismo procedimiento de *rompimiento natural*, lo cual, una vez obtenidos los rangos, permitió establecer una categoría de sensibilidad para cada localidad.

II.2.1.3. **Resultados**

Como puede comprenderse de lo hasta aquí planteado la estimación del índice se basa en una comparación de las condiciones que en las localidades del municipio guardan las variables empleadas. Es decir, se trata de una comparación intramunicipal cuyos resultados deben interpretarse en ese contexto. En otras palabras, el que una localidad presente un grado de sensibilidad mejor que otra no indica, por ejemplo, un estado de cosas cercano a un nivel de desarrollo que pudiera considerarse óptimo; sí indicaría que se trata de una localidad con

mejores indicadores de desarrollo que otras con distinto grado de sensibilidad en el mismo municipio. En todo caso, se recomienda acudir a la base de datos para tener una idea más clara del comportamiento de las variables en cada localidad.

II.2.1.3.1. **Municipio Las Minas**

Información general municipal.

Cuadro 49. Información general del municipio de Las Minas Veracruz. 2010

Municipio: Las Minas. Cabecera municipal: Las Minas			
Datos Generales, 2010			
Número de localidades del municipio:	12	Viviendas particulares habitadas	614
Superficie del municipio en km²:	50.6	Viviendas con piso de tierra	57
% de superficie que representa con respecto al Estado:	0.1%	Promedio de ocupantes por vivienda	4.72
Densidad municipal (hab/km2)	57.2	Población >15 años sin escolaridad	19.1 %
Población total:	2 897	Población >15 años con secundaria	12.6%
Población de la cabecera municipal:	235	Grado promedio de escolaridad	4.58
Población económicamente activa	737	TCMA 2000-2010	1.16
PEA con ingreso de hasta 2 SM	88%	Tasa de crecimiento social	-2.19
Ocupación sectorial (primario, secundario, terciario)	74% 13.5% 12.5%	Grado de marginación	MUY ALTO
Población con derechohabiencia a servicios de salud	71%	Población en pobreza	2 675 90.4%
Población con limitación para la actividad	236 8.1%	Grado de Desarrollo Humano 2005	MEDIO

II.2.1.3.1.1. **Casos**

De acuerdo con el último censo de población realizado en 2010 el municipio de Las Minas cuenta con 12 localidades, todas con más de dos viviendas y, por tanto, con información en el total de variables incluidas en el censo. Tal condición permitió incorporar al conjunto de localidades en la estimación del índice.

II.2.1.3.1.2. **Procedimiento**

El procedimiento de *rompimiento natural* al que se sometieron las variables arrojó los siguientes parámetros para la clasificación (Cuadro 50):

Cuadro 50. Rangos para clasificar las variables por condición de sensibilidad.

Municipio de Las Minas, Veracruz

Porciento de viviendas sin agua entubada				Porciento de viviendas sin drenaje				Porciento de viviendas sin luz eléctrica			
Rangos		Condición de sensibilidad	Valor asignado	Rangos		Condición de sensibilidad	Valor asignado	Rangos		Condición de sensibilidad	Valor asignado
De	A			De	A			De	A		
0.00	19.70	Media	1	0.00	18.10	Baja	1	0.00	4.26	Media	1
19.80	43.40	Alta	2	18.20	48.48	Media	2	4.27	10.39	Alta	2
43.50	98.70	Muy Alta	3	48.60	83.33	Alta	3	10.40	19.05	Muy Alta	3

Porciento de viviendas con piso de tierra				Porciento de viviendas sin automotor				Porciento de población sin derechohabiencia a servicios de salud			
Rangos		Condición de sensibilidad	Valor asignado	Rangos		Condición de sensibilidad	Valor asignado	Rangos		Condición de sensibilidad	Valor asignado
De	A			De	A			De	A		
0.00	3.90	Media	1	33.33	33.33	Baja	1	0.00	15.20	Media	1
4.00	10.00	Alta	2	33.34	66.67	Media	2	15.21	31.88	Alta	2
10.10	18.87	Muy Alta	3	66.68	98.57	Alta	3	31.89	52.43	Muy Alta	3

Porciento de población con limitación en la actividad				Tamaño de localidad (inversa)				Porciento de población analfabeta			
Rangos		Condición de sensibilidad	Valor asignado	Rangos		Condición de sensibilidad	Valor asignado	Rangos		Condición de sensibilidad	Valor asignado
De	A			De	A			De	A		
1.13	5.60	Media	1	15.00	72.00	Muy Alta	3	11.38	13.5	Media	1
5.70	9.84	Alta	2	73.00	235.00	Alta	2	13.6	28.8	Alta	2
9.85	14.15	Muy Alta	3	236.00	480.00	Media	1	28.9	52.68	Muy Alta	3

Porciento de población sin educación posbásica				Porciento de viviendas sin radio				Porciento de viviendas sin TV			
Rangos		Condición de sensibilidad	Valor asignado	Rangos		Condición de sensibilidad	Valor asignado	Rangos		Condición de sensibilidad	Valor asignado
De	A			De	A			De	A		
78.62	78.62	Media	1	33.33	41.56	Media	1	19.61	34.29	Media	1
78.63	89.52	Alta	2	41.57	58.49	Alta	2	34.3	49.06	Alta	2
89.53	100	Muy Alta	3	58.5	70.73	Muy Alta	3	49.07	65.85	Muy Alta	3

Porciento de población en hogares con jefatura femenina				Tasa neta de participación económica (inversa)				Razón de dependencia económica			
Rangos		Condición de sensibilidad	Valor asignado	Rangos		Condición de sensibilidad	Valor asignado	Rangos		Condición de sensibilidad	Valor asignado
De	A			De	A			De	A		
2.65	10.64	Media	1	0.23	0.23	Muy Alta	3	60.96	68.18	Media	1
10.65	30.56	Alta	2	0.24	0.41	Alta	2	68.19	93.55	Alta	2
30.57	46.67	Muy Alta	3	0.42	0.53	Media	1	93.56	114.29	Muy Alta	3

Tasa de desempleo			
Rangos		Condición de sensibilidad	Valor asignado
De	A		
0	3.92	Media	1
3.93	14.78	Alta	2
14.79	33.33	Muy Alta	3

A continuación, las variables de cada localidad fueron calificadas de acuerdo con el valor asignado en el rango respectivo. Posteriormente se realizó la sumatoria de tales valores en cada localidad. Esta sumatoria fue tratada nuevamente en *arc view* con el mismo procedimiento con la finalidad de obtener rangos para clasificar por grado de sensibilidad a las localidades, obteniéndose los siguientes parámetros (Cuadro 51):

Cuadro 51. Rangos para clasificar por grado de sensibilidad socioeconómica a las localidades del municipio de Las Minas, Veracruz.

Condición de sensibilidad	Rangos	
	De	A
Media	26	28
Alta	29	32
Muy Alta	33	36

II.2.1.3.1.3. **Resultados en el municipio Las Minas**

Los resultados encontrados en el tratamiento de las 12 localidades del municipio de Las Minas muestran que 2 localidades, Landaco y Las Minas, con una población total de 574 habitantes se ubican en la categoría de Media sensibilidad socioeconómica; 5 localidades (Planta Hidroeléctrica, Molinillo, Rinconada, Pueblo Nuevo y Romerillos) con una población de 1308 habitantes totales se ubican con un grado de sensibilidad Alta; y las restantes 5 localidades con población total de 1015 habitantes son las menos favorecidas en la evaluación, se ubican pues con Muy Alta sensibilidad socioeconómica. Estas últimas son: Carboneras, El Pimiento, Quiahuixcuautla, Huapala y Zomelahuacan. Figura 102.

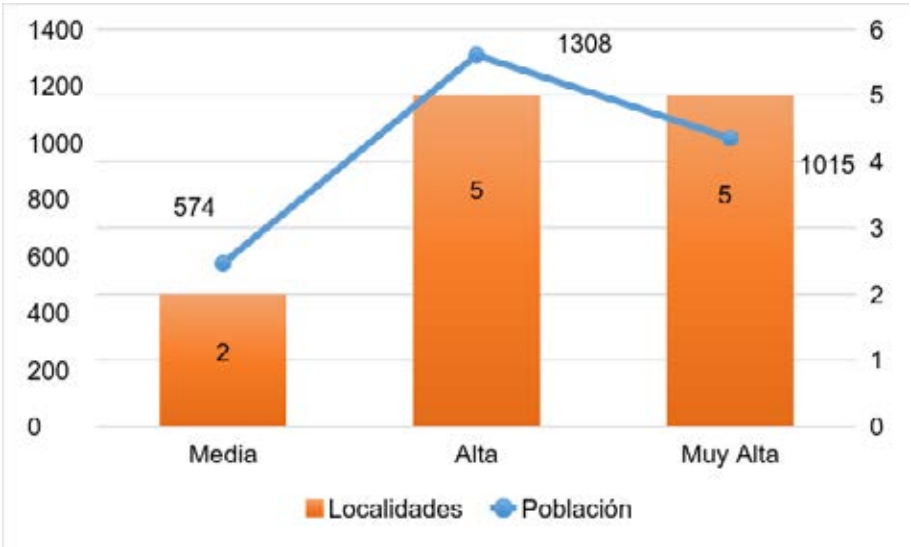


Figura 102. Población y localidades por grado de sensibilidad socioeconómica. Municipio de Las Minas, Veracruz

La distribución territorial de localidades según condición de sensibilidad se puede observar en la Figura nº 1.

II.2.1.3.2. **Municipio Tatatila**

Información general municipal.

Cuadro 52. Información general del municipio de Tatatila, Veracruz. 2010

Municipio: Las Minas. Cabecera municipal: Tatatila			
Datos Generales, 2010			
Número de localidades del municipio:	43	Viviendas particulares habitadas	1 195
Superficie del municipio en km²:	92 km2	Viviendas con piso de tierra	7.4%
% de superficie que representa con respecto al Estado:	0.1 %	Promedio de ocupantes por vivienda	4.7
Densidad municipal (hab/km2)	60.7	Población >15 años sin escolaridad	18.3%
Población total:	5 584	Población >15 años con secundaria	15%

Población de la cabecera municipal:	960	Grado promedio de escolaridad	4.66
Población económicamente activa	1 693	TCMA 2000-2010	1.35
PEA con ingreso de hasta 2 SM	91.1%	Tasa de crecimiento social	-1.30
Ocupación sectorial (primario, secundario, terciario)	64.5% 19.2% 16.1%	Grado de marginación	MUY ALTO
Población con derechohabiencia a servicios de salud	66.4%	Población en pobreza	5 085 88.4%
Población con limitación para la actividad	415 7.4%	Grado de Desarrollo Humano 2005	MEDIO

II.2.1.3.2.1. **Casos**

En el municipio de Tatatila se registra en el mismo censo de 2010 la existencia de 43 localidades de las cuales 5, por la razón ya señalada, tienen la condición de contar solo con el dato de población. Debido a esta situación a ellas se les ha asignado una categoría de sensibilidad atendiendo exclusivamente al tamaño de su población.

II.2.1.3.2.2. **Procedimiento**

El procedimiento de *rompimiento natural* al que se sometieron las variables arrojó los siguientes parámetros para la clasificación (Cuadro 53):

Cuadro 53. Rangos para clasificar las variables por condición de sensibilidad.

Municipio de Tatatila, Veracruz

Porciento de viviendas sin agua entubada				Porciento de viviendas sin drenaje				Porciento de viviendas sin luz eléctrica			
Rangos		Condición de sensibilidad	Valor asignado	Rangos		Condición de sensibilidad	Valor asignado	Rangos		Condición de sensibilidad	Valor asignado
De	A			De	A			De	A		
0.00	28.00	Media	1	0.00	40.00	Media	1	0.00	8.14	Media	1
29.00	63.64	Alta	2	40.10	71.43	Alta	2	8.15	33.33	Alta	2
63.65	100.00	Muy Alta	3	71.44	100.00	Muy Alta	3	33.34	75.00	Muy Alta	3

Porciento de viviendas con piso de tierra			
Rangos		Condición de sensibilidad	Valor asignado
De	A		
0.00	11.76	Media	1
11.77	33.33	Alta	2
33.34	71.43	Muy Alta	3

Porciento de viviendas sin automotor			
Rangos		Condición de sensibilidad	Valor asignado
De	A		
68.00	84.21	Media	1
84.22	93.02	Alta	2
93.03	100.00	Muy Alta	3

Porciento de población sin derechohabiencia a servicios de salud			
Rangos		Condición de sensibilidad	Valor asignado
De	A		
0.00	11.43	Media	1
11.44	35.51	Alta	2
35.52	78.57	Muy Alta	3

Porciento de población con limitación en la actividad			
Rangos		Condición de sensibilidad	Valor asignado
De	A		
0.00	2.81	Media	1
2.82	8.44	Alta	2
8.45	14.29	Muy Alta	3

Tamaño de localidad (inversa)			
Rangos		Condición de sensibilidad	Valor asignado
De	A		
14	161	Muy Alta	3
162	468	Alta	2
469	960	Media	1

Porciento de población analfabeta			
Rangos		Condición de sensibilidad	Valor asignado
De	A		
0	20.93	Media	1
20.94	40	Alta	2
40.01	78.95	Muy Alta	3

Porciento de población sin educación posbásica			
Rangos		Condición de sensibilidad	Valor asignado
De	A		
83.16	85.71	Media	1
85.72	95.12	Alta	2
95.13	100	Muy Alta	3

Porciento de viviendas sin radio			
Rangos		Condición de sensibilidad	Valor asignado
De	A		
0	33.33	Media	1
33.34	63.16	Alta	2
63.17	100	Muy Alta	3

Porciento de viviendas sin TV			
Rangos		Condición de sensibilidad	Valor asignado
De	A		
0	25	Media	1
25.01	57.14	Alta	2
57.15	80	Muy Alta	3

Porciento de población en hogares con jefatura femenina			
Rangos		Condición de sensibilidad	Valor asignado
De	A		
0	2.86	Media	1
2.87	13.04	Alta	2
13.05	32.14	Muy Alta	3

Tasa neta de participación económica (inversa)			
Rangos		Condición de sensibilidad	Valor asignado
De	A		
0.27	0.36	Muy Alta	3
0.37	0.48	Alta	2
0.49	0.67	Media	1

Razón de dependencia económica			
Rangos		Condición de sensibilidad	Valor asignado
De	A		
30.77	85.96	Media	1
85.97	133.33	Alta	2
133.34	220	Muy Alta	3

Rangos	Condición de sensibilidad	Valor asignado

De	A		
0	1.64	Media	1
1.65	5.38	Alta	2
5.39	12.9	Muy Alta	3

A continuación las variables de cada localidad fueron calificadas de acuerdo con el valor asignado en el rango respectivo. Posteriormente se realizó la sumatoria de tales valores para cada localidad. Esta sumatoria fue tratada nuevamente en *arc view* con el procedimiento de *rompimiento natural* con la finalidad de obtener rangos para clasificar por grado de sensibilidad a las localidades, obteniéndose los siguientes parámetros (Cuadro 54):

Cuadro 54. Rangos para clasificar por grados de sensibilidad socioeconómica a las localidades de los municipios.

Condición de sensibilidad	**Rangos**	
	De	**A**
Media	3655	10
Alta	1692	24
Muy Alta	237	9

II.2.1.3.2.3. **Resultado municipio Tatatila**

Los resultados encontrados en el tratamiento de las 43 localidades del municipio de Tatatila muestran que 10 localidades con una población de 3 655 habitantes, se ubican en la categoría de Media sensibilidad socioeconómica, entre ellas se encuentra la cabecera municipal cuya población es de 960 personas; 24 localidades con una población de 1 692 habitantes se ubican con un grado de sensibilidad Alta; y 9 localidades cuya población es de 237 habitantes se encuentran con grado Muy Alto de sensibilidad. En esta última categoría se incorporaron 5 localidades con 23 habitantes cuyo único dato censal es del total de población. Figura 103

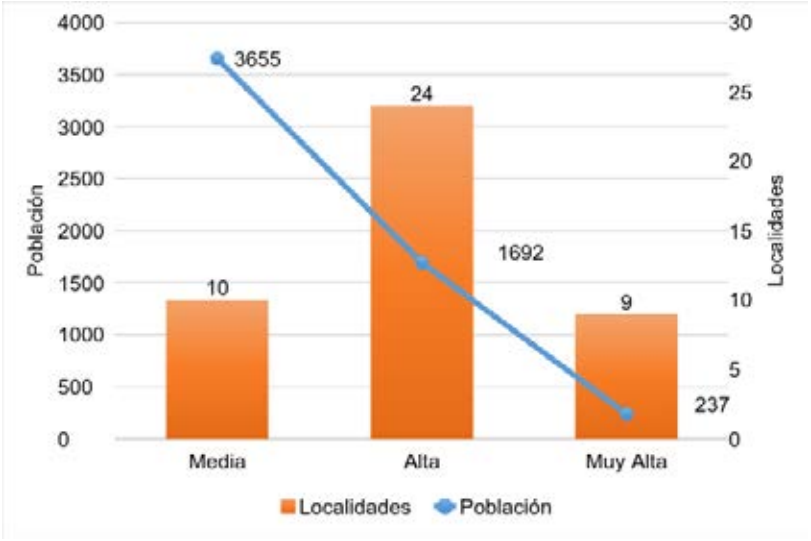


Figura 103. Población y localidades por grado de sensibilidad socioeconómica en Tatatila

La distribución territorial de localidades según condición de sensibilidad se puede observar en la Figura 104.

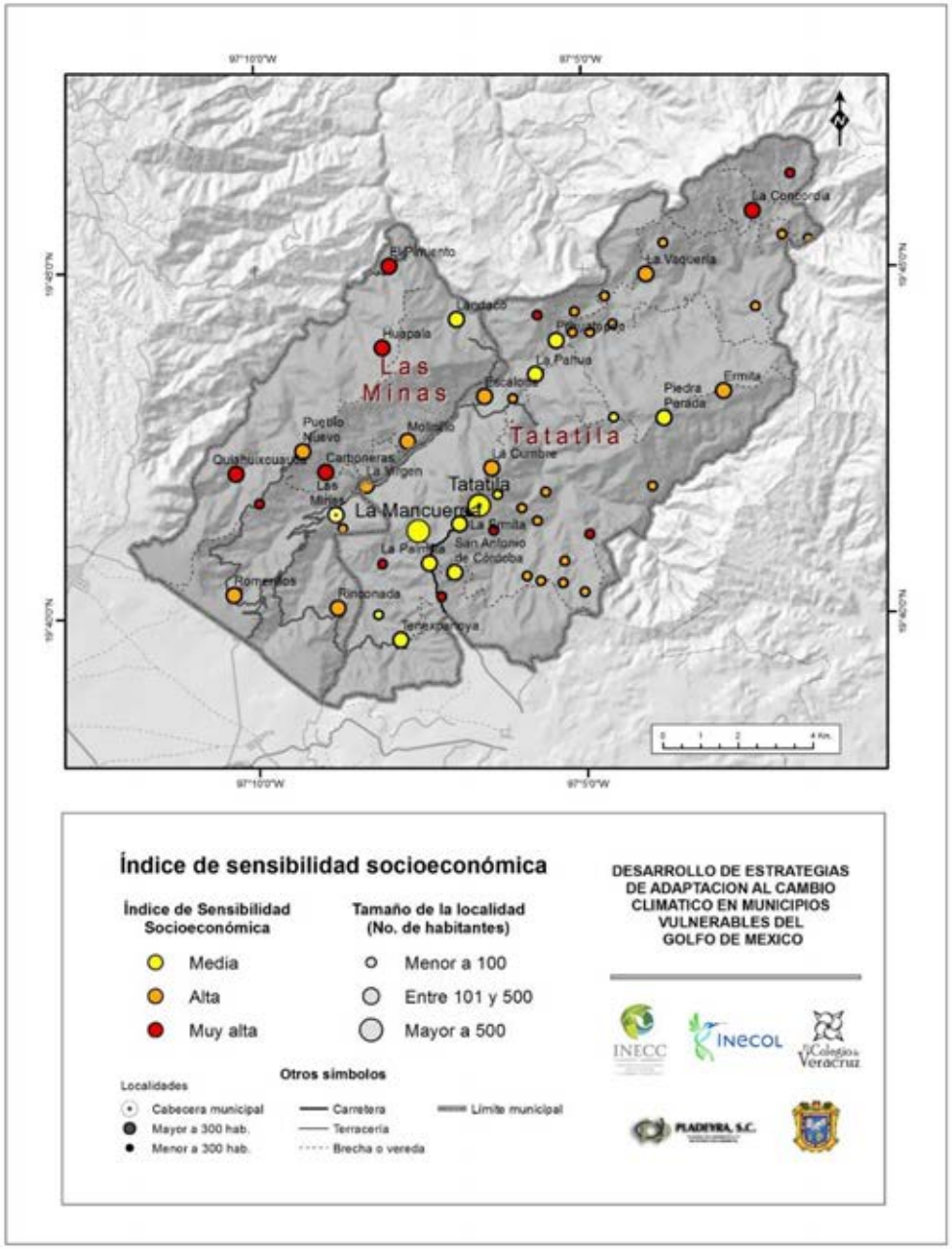


Figura 104. Distribución territorial del índice de sensibilidad socioeconómica por localidad. Municipios de Las Minas y Tatatila, Veracruz

II.3. **Valoración de los ecosistemas ante el cambio climático en los municipios de Las Minas y Tatatila, Veracruz.**

Para analizar la sensibilidad ecosistémica se decidió usar un valor estructural de la vegetación, siendo el más accesible la altura, y un valor de estado o condición, utilizando el NDVI, usando como base el mapa de vegetación generado en el proyecto.

Se decidió actualizar el mapa de vegetación de la región. Se contaba con el mapa publicado por Castillo *et al.* (2004) utilizando fotografía aérea del año 1991 que sirvió de referencia para conocer los tipos de vegetación principales de la zona. Este trabajo requirió extensas verificaciones de campo, colecta de especies y el uso del herbario para asignar las categorías.

El método que planteamos utilizar en este trabajo permitirá innovar una forma de actualizar los mapas de vegetación y uso del suelo, haciendo énfasis en la ubicación de los fragmentos y elementos de conectividad. Es una aproximación que permite tomar decisiones de manejo tanto de conservación como de restauración, como se verá más adelante.

El mapa de uso de suelo y vegetación para los municipios de Catemaco y San Andrés Tuxtla, consta de trece categorías, nueve son consideradas como de vegetación natural, dos más son consideradas como los sistemas productivos cultivos y pastos, y las dos restantes son los uso urbanos y los cuerpos de agua. El mapa se muestra en la Figura 115 y las superficies de cada una de las categorías se ven descritas en el cuadro 62.

La zona de los Tuxtlas presenta una orografía complicada con diversos rangos de pendientes a lo largo de los cuales se distribuyen las comunidades vegetales. Con objeto de poder apreciar mejor la distribución de la superficie de la vegetación y de los distintos tipos de comunidades, se organizó el análisis utilizando tres rangos de pendientes: planos (entre 0 y 5 grados), pendientes medias (entre 6 y 15 grados) y pendientes fuertes (entre 16 a más de 45 grados).

Estos rangos permiten separar las partes bajas donde se ubican muchos tipos de humedales y actividades agropecuarias, los terrenos de pendientes medias donde el uso agropecuario no produce o no debe producir impactos de erosión y los rangos más pronunciados, donde debe predominar una vocación más forestal. La Figura 105 muestra los 12 tipos de vegetación y uso del suelo en cada rango de pendientes, además de la categoría de “uso urbano”. En la Figura 116 se puede observar el porcentaje de superficie que ocupan los distintos rangos. Puede verse que las superficies de tierras bajas, de menos de 5 grados, son las que predominan, ocupando el 41% del territorio. Los rangos medios, entre 5 y 15 grados ocupan el 37% de la superficie, mientras que los terrenos más abruptos, con pendientes mayores a los 15 grados, ocupan el 23% del territorio. Por lo tanto, a pesar de los dos volcanes característicos de la zona, predominan los terrenos planos o de baja pendiente. Ello explica en parte la vocación agropecuaria que encuentra terrenos adecuados en las superficies planas o con poca pendiente.

La figura 106 muestra el mapa de los tres rangos de pendientes en el territorio de trabajo. Puede observarse que lo complejo del territrio de estos municipios, donde no se definen zonas con pendientes o planos.

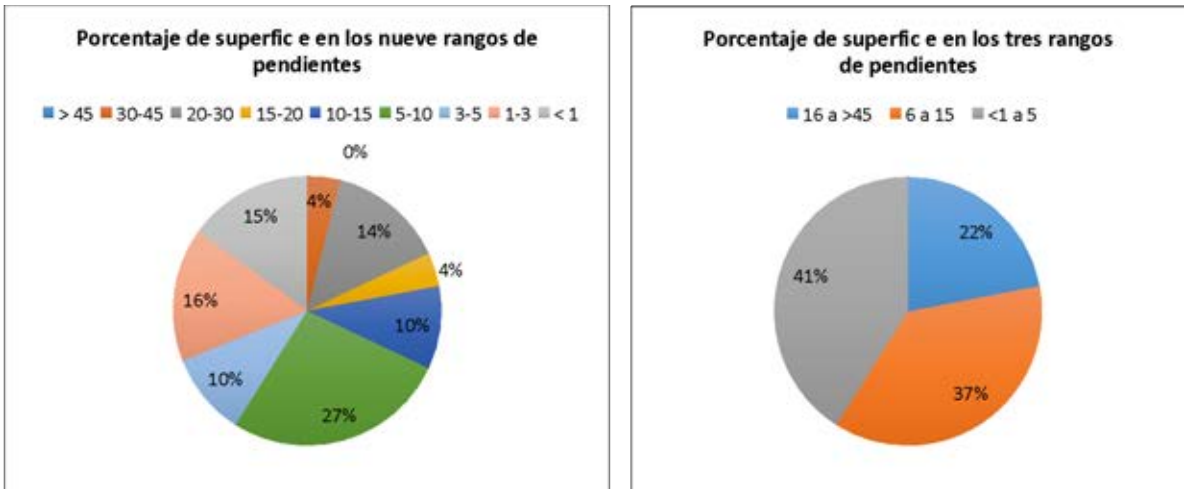
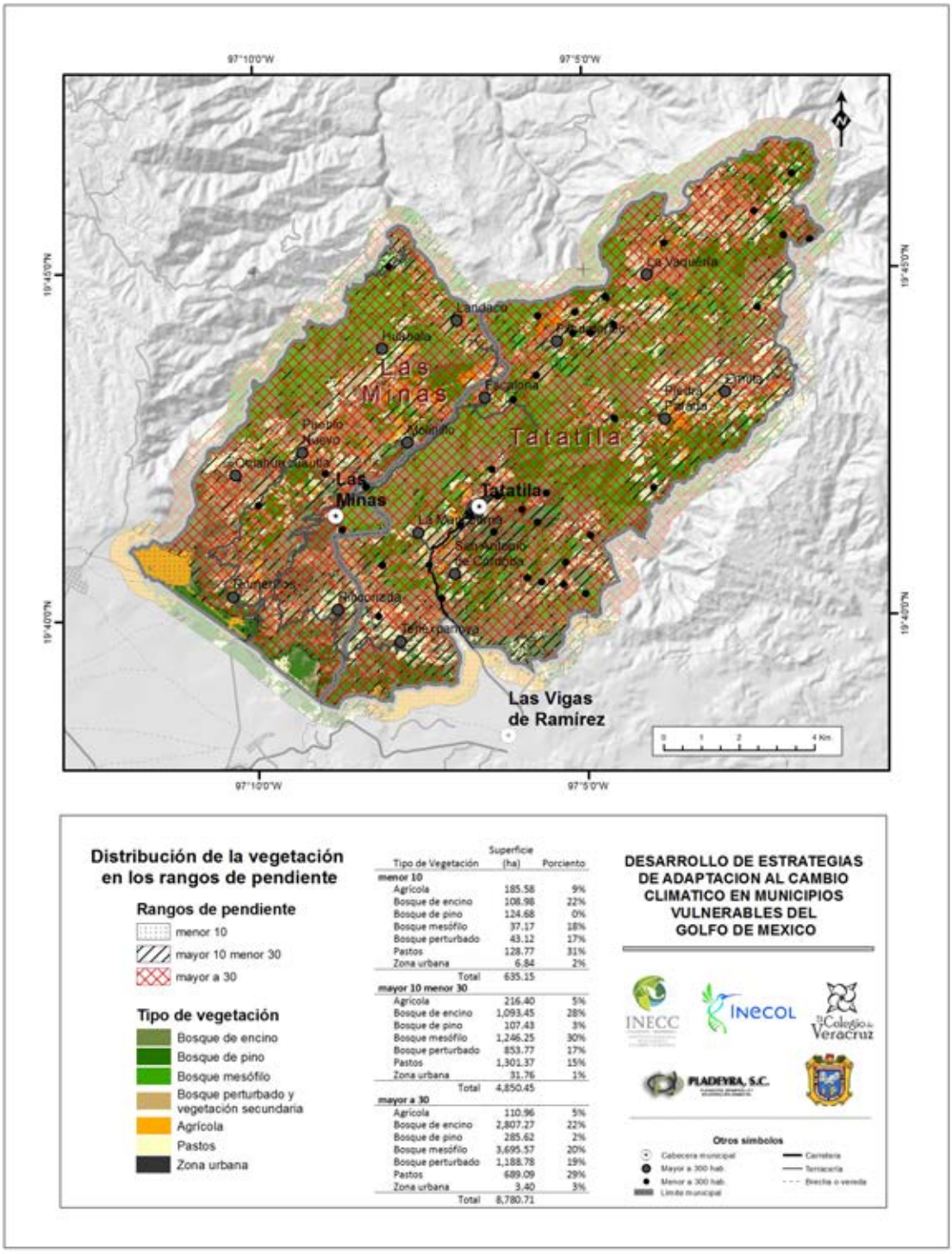


Figura 105. 12 tipos de vegetación y uso del suelo en cada rango de pendiente



Tipo de Vegetación	Superficie (ha)	Porciento
menor 10		
Agrícola	185.58	9%
Bosque de encino	108.98	22%
Bosque de pino	124.68	0%
Bosque mesófilo	37.17	18%
Bosque perturbado	43.12	17%
Pastos	128.77	31%
Zona urbana	6.84	2%
Total	635.15	
mayor 10 menor 30		
Agrícola	216.40	5%
Bosque de encino	1,093.45	28%
Bosque de pino	107.43	3%
Bosque mesófilo	1,246.25	30%
Bosque perturbado	853.77	17%
Pastos	1,301.37	15%
Zona urbana	31.76	1%
Total	4,850.45	
mayor a 30		
Agrícola	110.96	5%
Bosque de encino	2,807.27	22%
Bosque de pino	285.62	2%
Bosque mesófilo	3,695.57	20%
Bosque perturbado	1,188.78	19%
Pastos	689.09	29%
Zona urbana	3.40	3%
Total	8,780.71	

Figura 106. Mapa mostrando la distribución de los tres rangos de pendientes

En el cuadro 55 se pueden ver la superficie de cada tipo de vegetación en los distintos rangos de pendientes. La mayoría se ubican en casi todos los rangos, excepto los diversos tipos de humedales.

Cuadro 55. Superficie que ocupa cada tipo de vegetación en los disintos rangos de pendientes

Tipo de Vegetación	Superficie (ha)	Porciento
menor 10		
Agrícola	185.58	9%
Bosque de	108.98	22%
Bosque de pino	124.68	0%
Bosque mesófilo	37.17	18%
Bosque	43.12	17%
Pastos	128.77	31%
Zona urbana	6.84	2%
Total	635.15	
mayor 10 menor 30		
Agrícola	216.40	5%
Bosque de	1,093.45	28%
Bosque de pino	107.43	3%
Bosque mesófilo	1,246.25	30%
Bosque	853.77	17%
Pastos	1,301.37	15%
Zona urbana	31.76	1%
Total	4,850.45	
mayor a 30		
Agrícola	110.96	5%
Bosque de	2,807.27	22%
Bosque de pino	285.62	2%
Bosque mesófilo	3,695.57	20%
Bosque	1,188.78	19%
Pastos	689.09	29%
Zona urbana	3.40	3%
Total	8,780.71	

II.3.1. **Índice de verdor o NDVI (Normalized Vegetation Difference Index).**

El

en el resto de la zona. NDVI conocido también como índice de verdor se basa en el Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) del satélite NOAA-7 (Goward et al. 1985, Box et al. 1989). Es un indicador numérico que usa las bandas del rojo visible y del infrarojo cercano del espectro electromagnético. Se considera un índice confiable para predecir la productividad primaria. Al aplicarse

a comunidades de plantas, el índice establece un valor para que tan verde es el área, es decir la cantidad de vegetación presente en un área dada y su estado de vigor. Generalmente, la vegetación sana va a absorber la mayor parte de la luz visible que cae sobre ella, y refleja una gran parte de la luz en el infrarrojo cercano. La vegetación poco saludable o escasa refleja más luz visible y menos luz del infrarrojo cercano. Los suelos desnudos reflejan moderadamente tanto en la parte roja e infrarroja del espectro electromagnético (Holme et al. 1987). Por lo tanto mientras mayor es la diferencia entre la reflectancia del infra rojo cercano y del rojo, significa que hay mayor vegetación. Es un índice adimensional que varía entre -1 y +1. De manera práctica, valores negativos extremos corresponden a cuerpos de agua, valores alrededor de cero a suelos desnudos y valores altos (alrededor o más de 6) corresponde a comunidades con alta actividad fotosintética. Tiene limitaciones en áreas de terrenos complejas y para valores estacionales en altas latitudes, así como en desiertos extremos. Es sensible a la clorofila, por lo que se relaciona con la productividad primaria. No es un buen indicador de biomasa ni de flujos de carbono netos.

La producción primaria de la vegetación representa la base del funcionamiento energético en ecología. La producción primaria neta (o la productividad, es decir la tasa de producción) es la resultante de la fijación fotosintética de energía (producción primaria bruta) y el uso de la energía almacenada para el mantenimiento y el crecimiento (respiración). La evidencia reciente sugiere que estos procesos metabólicos básicos de la vegetación son controlados por el ambiente, especialmente factores climáticos en escalas más amplias o gruesas. Es decir que las relaciones bioclimáticas controlan la productividad y algunos aspectos de la estructura de la vegetación natural a escalas regionales o globales (O'Neill & DeAngelis 1981; Box et al. 1989). A escalas más locales, la estructura de la vegetación y la productividad están controlados conjuntamente por el clima y factores puntuales, incluyendo los suelos locales y la topografía, los nutrientes, la

historia de la vegetación, los regímenes de disturbio, el uso agrícola y otros usos de suelo (Box et al. 1989).

Dado que el agua tiene un valor de NDVI mucho menor que otros tipos de superficies, las zonas inundadas también pueden distinguirse por los cambios en el valor de NDVI antes y después de lluvias fuertes, una vez que se han eliminado los efectos de otros factores presentes en el NVDI (Petorelli et al. 2005). En Louisiana se usó el NDVI para analizar los cambios de vegetación costera antes y después del paso del Huracán Katrina (Rodgers III et al. 2009). Encontraron una reducción del NDVI durante Abril del 2006, a pesar de que el agua de inundación ya había desaparecido, posiblemente por el efecto conjunto de la inundación y el incremento de salinidad que no se lavó en el suelo. También fue usado en China para evaluar daños por inundaciones en 1998. Los resultados mostraron alta correlación con los daños por inundaciones (Tait y Zheng 2003). Por tanto este es un indicador que puede usarse para analizar afectaciones por inundaciones.

El mapa de la figura 107 muestra que los índices de verdor muy alto (0.6 0 más) se ubican en la región noreste de los municipios, ladera de barlovento, hacia el mar, y en las zonas de mayor altitud, donde se encuentran los principales manchones de vegetación conservada y las comunidades perturbadas.

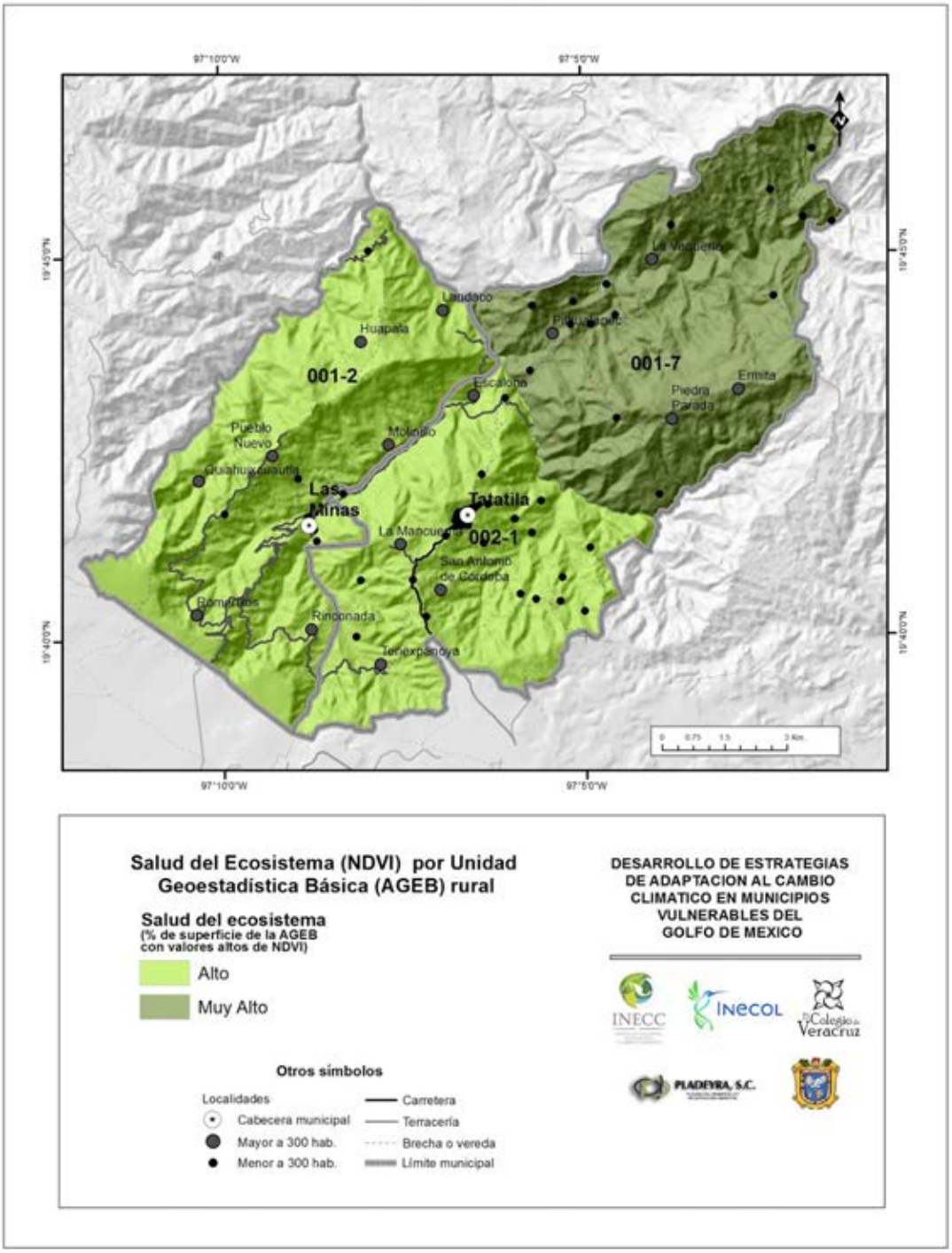


Figura 107. Mapa mostrando el índice de verdor, obtenido con el NDVI

II.3.2. La conectividad y los fragmentos

Los ecosistemas con vegetación muy diversa son muy vulnerables a la fragmentación ocasionada por el uso extensivo del suelo que reduce y aisla las poblaciones de especies arbóreas y por el cambio climático global que afecta el reclutamiento de las especies y altera su distribución en el paisaje.

Uno de las consecuencias directas e inmediatas del uso del suelo y del cambio global en la diversidad, es que limitan la movilidad de las especies de árboles y de aves, murciélagos y mamíferos frugívoros. La disminución de la movilidad de las especies dispersoras de semillas (aves y murciélagos) tiene implicaciones mayores para la permanencia de las especies y las poblaciones de plantas y animales de la región.

Los usos actuales del suelo substituyen la cubierta forestal de los bosques, por pastizales nativos o introducidos para el uso ganadero y por cultivos anuales o leñosos y temporales extensivos que dan como resultado una gran extensión de vegetación herbácea-arbustiva que rodea y aisla a los fragmentos de los bosques.

La desaparición o la pérdida de especies ponen en riesgo a los procesos ecológicos que mantienen la estructura y la función del ecosistema, el cual brinda los servicios ambientales de los que depende el desarrollo económico y social y el bienestar de la población rural y urbana de extensas regiones de las montañas.

El objetivo de esta sección es mostrar que tan conectada o fragmentada (lo inverso) se encuentran los bosques, con el objeto de analizar la movilidad de la biodiversidad a través del paisaje, mejorar la conectividad entre los fragmentos y aumentar la disponibilidad de las especies en los campos campos abandonados, considerando la atracción que ejercen los corredores riparios, las cercas vivas y los árboles solitarios en los frugívoros. Se trata de árboles solitarios o en pequeños grupos que están en los pastizales y campos de cultivo.

El aumento de la movilidad de las especies mitiga y previene el efecto negativo que tiene el cambio climático global y la deforestación en la diversidad

del paisaje fragmentado. El arbolado de los pastizales es un componente clave en lo que se ha considerado el *medio ausente,* para conservar la biodiversidad de los bosques y las selvas, mejorando la conectividad entre los fragmentos para mantener la capacidad de regeneración a través del efecto de nucleación que tienen los arboles aislados y solitarios.

Como se muestra en el mapa de vegetación y uso del suelo (Figura ….), menos del 20% de la superficie del territorio de trabajo se encuentra bajo actividades agropecuarias. El resto está ocupado por vegetación natural o vegetación con distintos grados de perturbación. La deforestación es un proceso complejo que entraña distintos grados de perturbación, y su efecto en la vegetación no es de todo o nada. La deforestación puede consistir en el aclareo del bosque que ocasiona la disminución de la riqueza florística, puede ser más puntual y eliminar estratos o especies en particular (por ejemplo los cafetales) o puede eliminar completamente el bosque, dejando campos de hierbas prácticamente desprovistos de árboles. Pero lo más común, es que la deforestación afecte solo parte del bosque, dejando parches, islas o fragmentos, dando lugar a la fragmentación (Guevara, 1995; Guevara et al. 2004).

La conectividad en el paisaje es lo contrario al aislamiento de los fragmentos de la selva o sel bosque. La conectividad consiste en el intercambio de especies de plantas y de animales entre los fragmentos, a través del potrero, acahual o cultivo. Ese intercambio se puede describir por la frecuencia con que se intercambian especies y por la composición de especies de esos intercambios. La conectividad entre los fragmentos es tan significativa como lo es el tamaño del fragmento para la subsistencia de las poblaciones nativas y para el mantenimiento de la diversidad biológica local (Forman y Godron, 1986, Guevara et al. 2004). La conservación del bosque o de la selva depende de la cantidad y la calidad de la conectividad entre los remanentes y el flujo entre los elementos del paisaje (Guevara, 1995; Laborde, 1996).

Para analizar el grado de conectividad de la zona de estudio se utilizaron dos de los parámetros mediante los cuales se analiza la fragmentación, es decir el tamaño y la forma y la distribución de los mismos y su combinación produce un patrón de fragmentación. El análisis de la distribución y tamaño de los parches se realizó en Arcview 3.2 con la extención Patch Analyst.

No se utilizaron las cuencas como unidad de trabajo debido a su gran extensión, mientras que las microcuencas resultaban demasiado pequeñas. Para poder generalizar la metodología se decidió trabajar con AGEBs rurales pues son un área con límites bien definidos y tienen un reconocimiento como unidad del territorio por INEGI.

Se consideraron cinco categorías de conectividad. Una conectividad muy alta está dada por la presencia de muchos parches o fragmentos de gran tamaño o pocos pero muy grandes. Una conectividad alta es aquella en la cual hay una gran abundancia de parches pequeños o medianos. En el otro extremo están los territorios con muy baja conectividad (es decir con muy pocos parches o fragmentos y éstos de tamaño pequeño) y una conectividad baja en los casos de mayor número de parches pequeños que en el caso anterior. Con ello se generó un mapa de conectividad (Figura 108). Se observa que toda el área presenta conectividad Muy alta debido a la cubierta de bosques que existe, por lo menos a la escala de análisis.

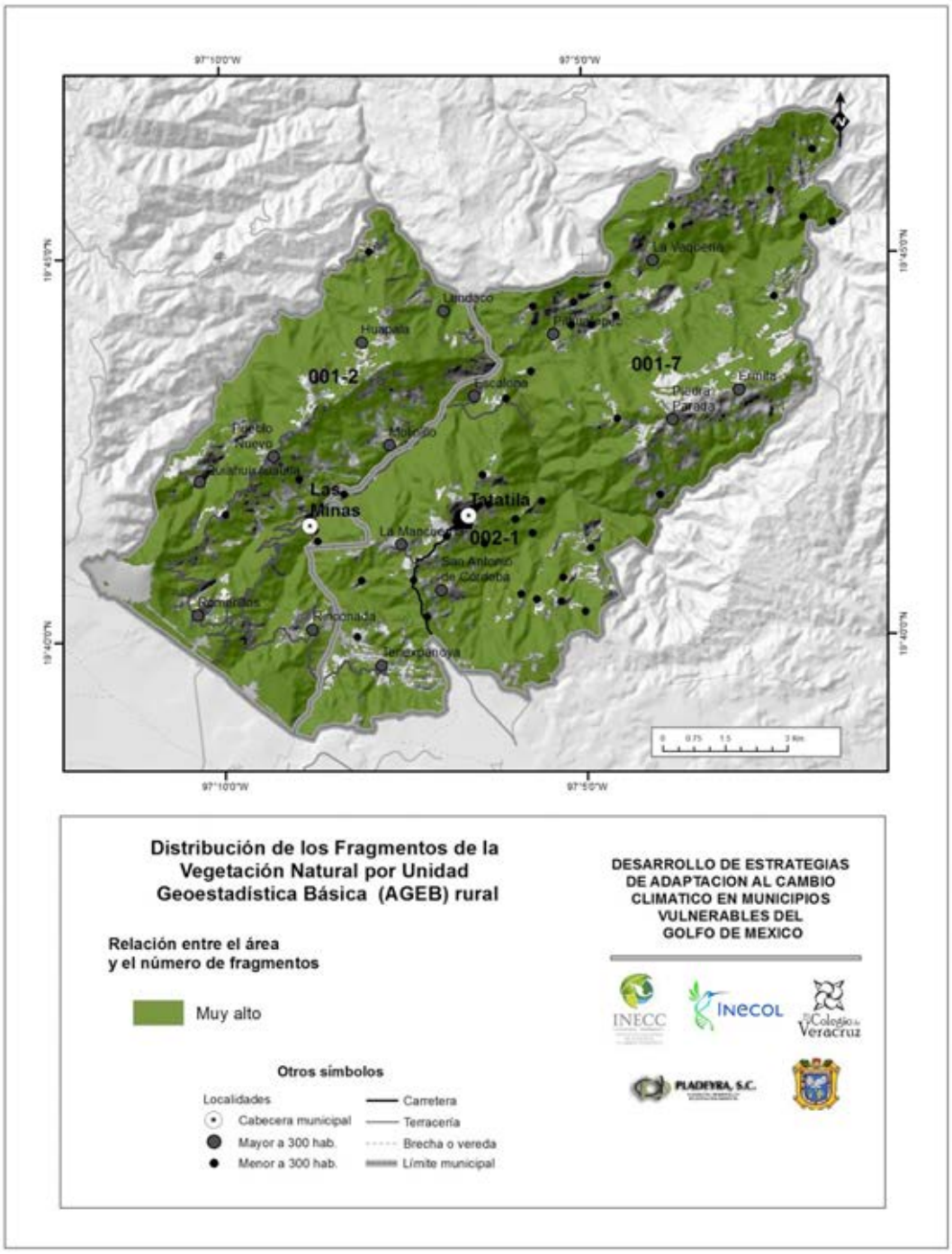


Figura 108. Mapa mostrando la conectividad vegetal en los municipios de Tatatila y Las Minas.

III. ESTIMACIÓN DE LOS IMPACTOS POTENCIALES Y LA VULNERABILIDAD SOCIOAMBIENTAL EN LOS MUNICIPIOS DE LAS MINAS Y TATATILA, VERACRUZ

En el capítulo anterior se definieron dos indicadores, uno que sintetiza la sensibilidad socioeconómica de las localidades y otro que valora la importancia ecosistémica en la región montañosa de la cuenca del río Bobos, el cual será utilizado como un modulador (+ o -) de la vulnerabilidad socioambiental, partiendo de que los ecosistemas juegan un papel amortiguador de los impactos potenciales del clima. De acuerdo con nuestra propuesta metodológica, el siguiente paso consiste en delimitar las zonas más susceptibles a los impactos potenciales a partir de cruzar las áreas de mayor exposición con el nivel de sensibilidad socioeconómica de sus habitantes. En este proceso se parte de la premisa de que entre más expuesto a los peligros del cambio climático se encuentre un sitio y sus habitantes, y mayor sea su sensibilidad social y económica, serán más vulnerables ante los efectos del cambio climático.

Con la finalidad de obtener una expresión territorial que permita combinar la información puntual de la sensibilidad socioeconómica estimada a nivel de localidad, con relación al grado de exposición al que están expuestos tanto los habitantes como sus sistemas productivos y la infraestructura de comunicación, se decidió recurrir a las áreas geoestadísticas básicas rurales (AGEB). La decisión de usar esta base territorial es que permite expresar territorialmente variables puntuales y combinarlas con variables areales, además de que es factible de replicar esta metodología a nivel nacional, particularmente cuando se analizan territorios rurales. En caso de espacios urbanos, la alternativa sería usar las AGEB urbanas.

III.1. **Impactos potenciales ante eventos climáticos adversos**

A continuación se muestra el proceso para la estimación del impacto potencial en los municipios de estudio. (Figura 109).

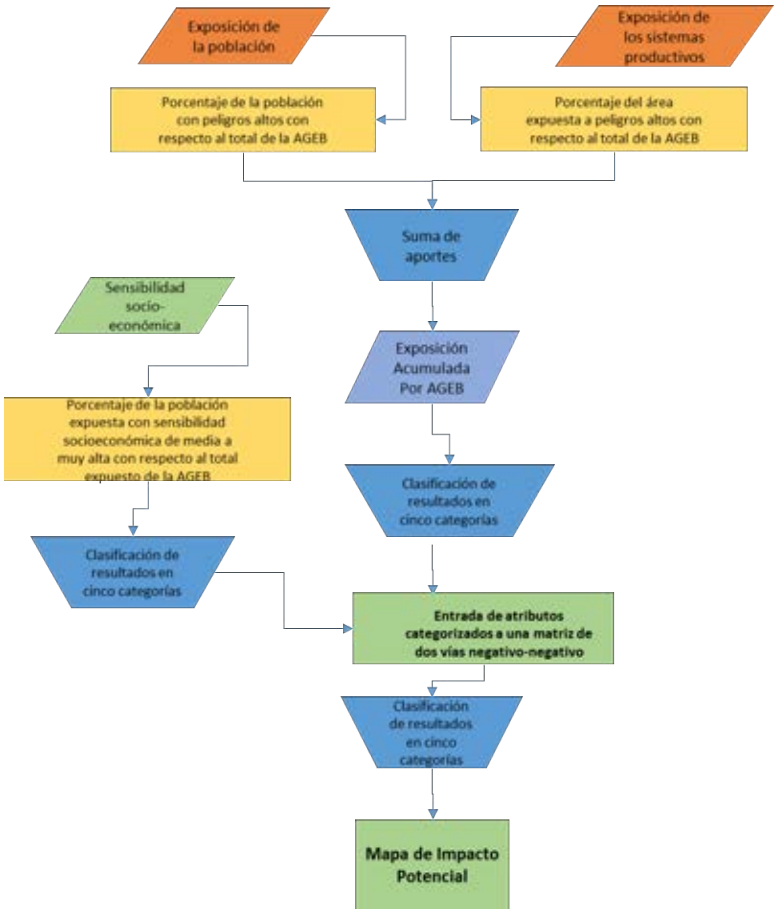


Figura 109. Proceso de elaboración del Mapa de Impacto Potencial

El mapa de impacto potencial se construye utilizando las combinaciones que se muestran en la siguiente matriz de doble entrada, en la que a cada AGEB rural se le asocia la exposición acumulada ante los diferentes peligros analizados y el nivel de sensibilidad socioeconómica de sus habitantes, en ambos casos utilizando únicamente los niveles de medios a muy altos.

Matriz de doble entrada con combinaciones de impacto potencial.

Municipio	AGEB	Exposición acumulada	Sensibilidad Socioeconómica	IMPACTO POTENCIAL

Tatatila	001-7	Muy alto	Muy alta	**Muy alto**
		Alto	Muy alta	**Muy alto**
Las Minas	001-2	Muy alto	Muy alta	**Muy alto**

III.2. **Resultados de la evaluación del impacto potencial**

Municipio		**Las Minas**	**Tatatila**	
Clave AGEB		001-2	001-7	002-1
Sensibilidad Socioeconómica		Muy alta	Muy alta	Muy alta
Población	Expuesta	2,897	2,021	2,868
	Total	2,897	2,021	3,563
Localidades	Expuesta	12	19	19
	Total	12	19	24
Sistemas Agropecuarios	Expuesta	949.75	960.236	509.274
	Total	996.155	1067.945	606.825

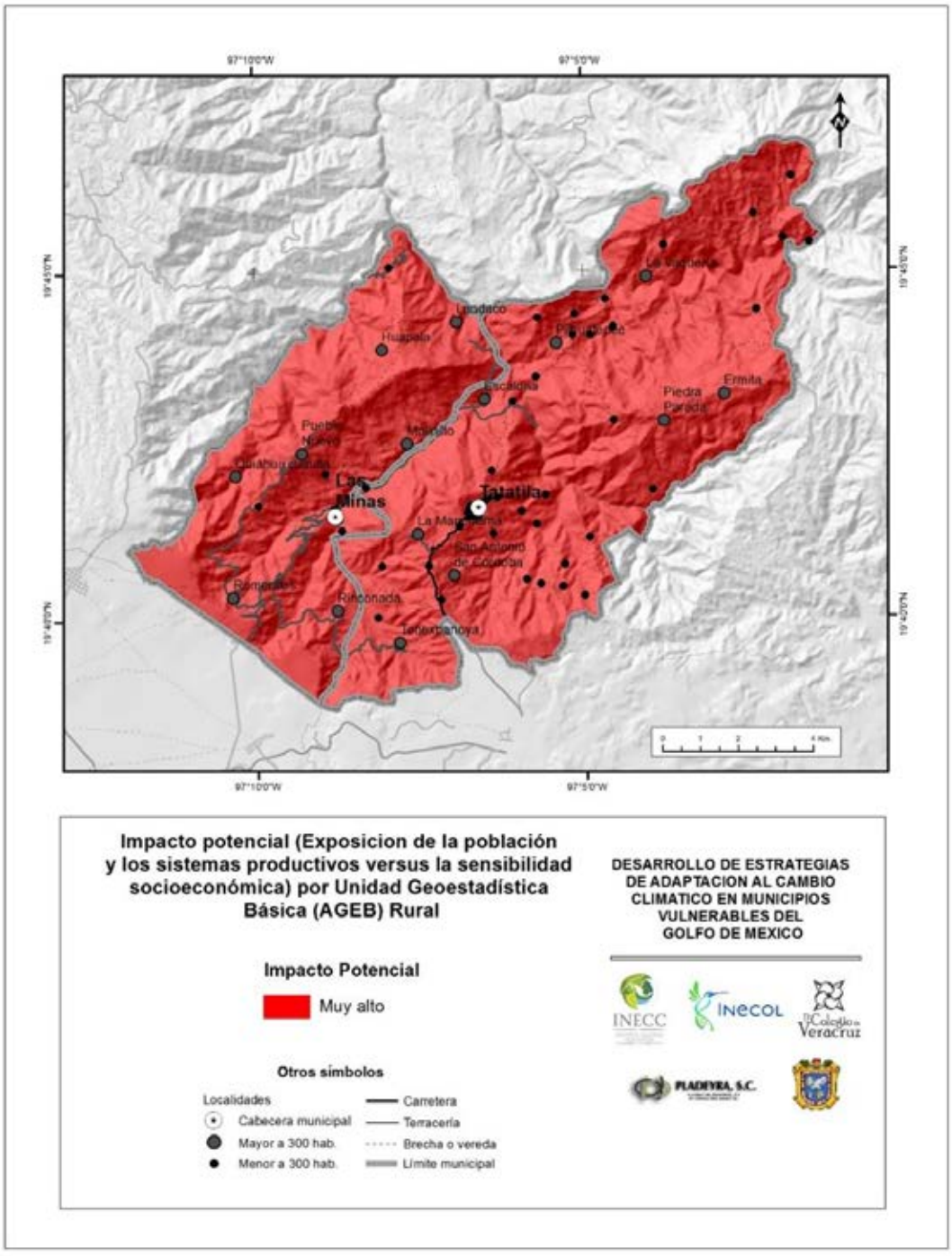


Figura 110. Impacto potencial por AGEB rural en los municipios de Las Minas y Tatatila, Ver.

III.3. **Valor ecosistémico por AGEB rural**

Los ecosistemas en buen estado de conservación proporcionan servicios ambientales importantes para la sociedad. Para incorporar el estado de los ecosistemas se decidió trabajar a nivel de AGEB rural con objeto de subdividir el territorio municipal para el análisis. Para calcular el valor ecosistémico se buscaron variables que reflejaran la superficie cubierta por los distintos ecosistemas y el estado de salud del mismo. Al integrar este tipo de variables se puede obtener un mapa con diversas categorías de valor ecosistémico, que en conjunto con el análisis del medio físico y de las características socioambientales permite integrar una visión más completa sobre la vulnerabilidad de una región.

Se tomó como primera variable la distribución y el tamaño de los parches como una medida de aproximación a la fragmentación (ver sección II.3.2 La Conectividad y los fragmentos, y el mapa respectivo). La segunda variable es la salud de ecosistema analizado a través del NDVI, ya que éste refleja su capacidad fotosintética y su productividad. Finalmente se agregó la superficie que ocupa cada tipo de vegetación en la AGEB. El diagrama de la figura 111 muestra los pasos que se siguieron y los insumos utilizados.

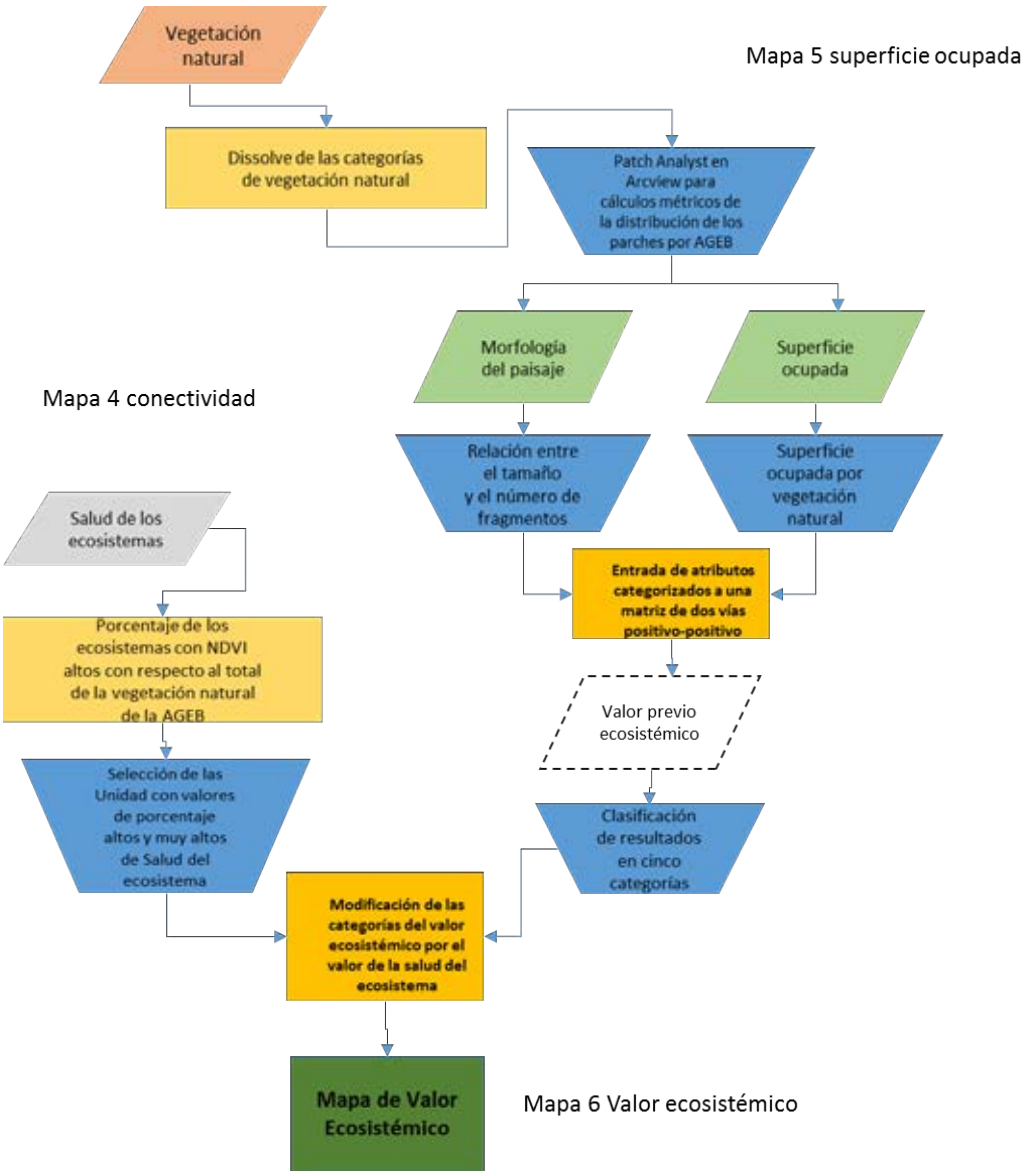


Figura 111. Diagrama de flujo para obtener el mapa de integridad ecosistémica.

En el caso de la zona de estudio, la alta cobertura boscosa, el alto valor de NDVI y su alta coenctividad, dan como resultado un mapa donde todo el territorio tiene un alto valor ecosistémico (Figura 112). En general se trabaja con cinco categorías que en este caso resultó en una sola.

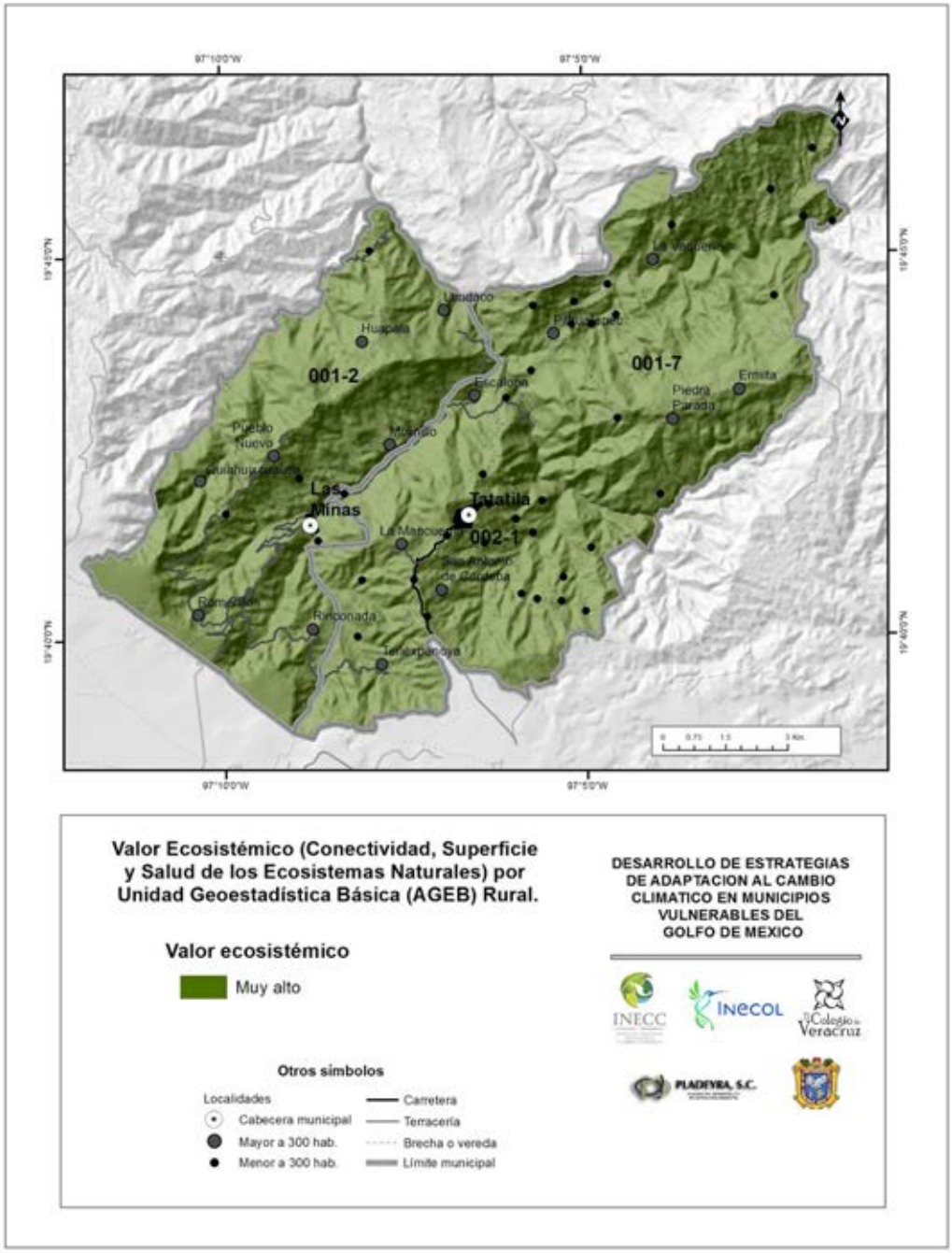


Figura 112. Mapa de valor ecosistémico por AGEB rural.

III.4. **Vulnerabilidad socioambiental**

Para desarrollar el indicador de vulnerabilidad socioambiental se tomaron en cuenta una serie de factores relacionados con el estado físico- biológico de los municipios y las AGEB rurales al interior de ellos, identificando cuales son las zonas que en la actualidad presenta mayor peligro y exposición de sus pobladores, las actividades productivas, ecosistemas y las vías de comunicación frente a diferentes eventos relacionados con el clima.

Se analizaron las condiciones socioeconómicas en que viven los habitantes de ambos municipios, determinando un índice de sensibilidad socioeconómica, de tal manera que fue factible identificar los sitios donde las personas, además de estar altamente expuestas, sus niveles de rezago social y económico las hacen muy vulnerables a cualquier fenómeno ya sea climático, o de cualquier otro tipo (social, económico, político) que modifique de forma negativa su ya de por si precaria situación y a este factor lo denominamos impacto potencial. La condición que permite modular esta vulnerabilidad es la presencia (o ausencia) de ecosistemas y su valoración en función de la superficie ocupada, la conectividad y la salud del ecosistema (valoración ecosistémica), que juegan un papel fundamental como amortiguadores de estos impactos y como base para los procesos de adaptación frente al cambio climático.

La Figura xxx muestra el método que se siguió para identificar las zonas de acuerdo con su vulnerabilidad socioambiental.

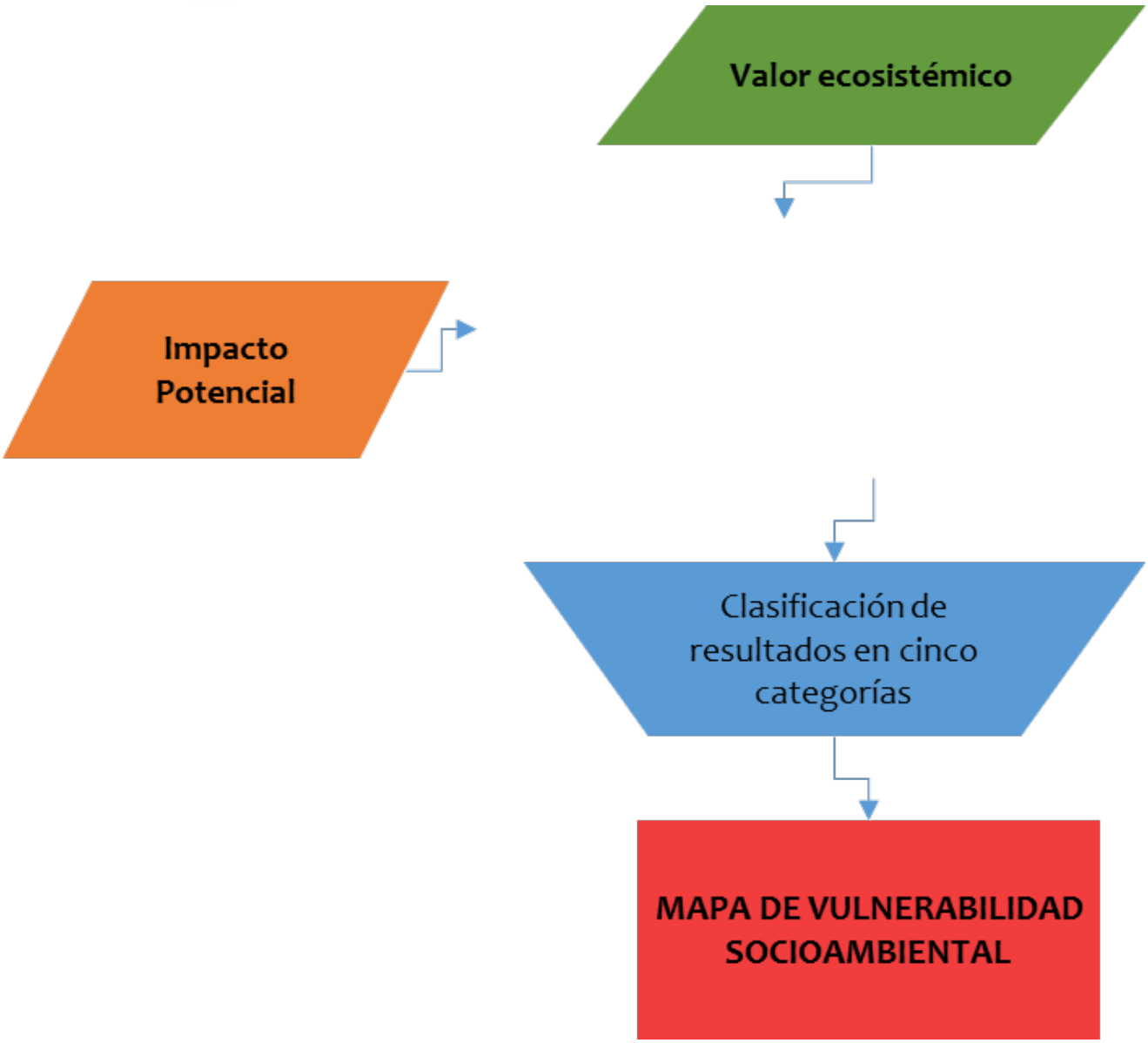
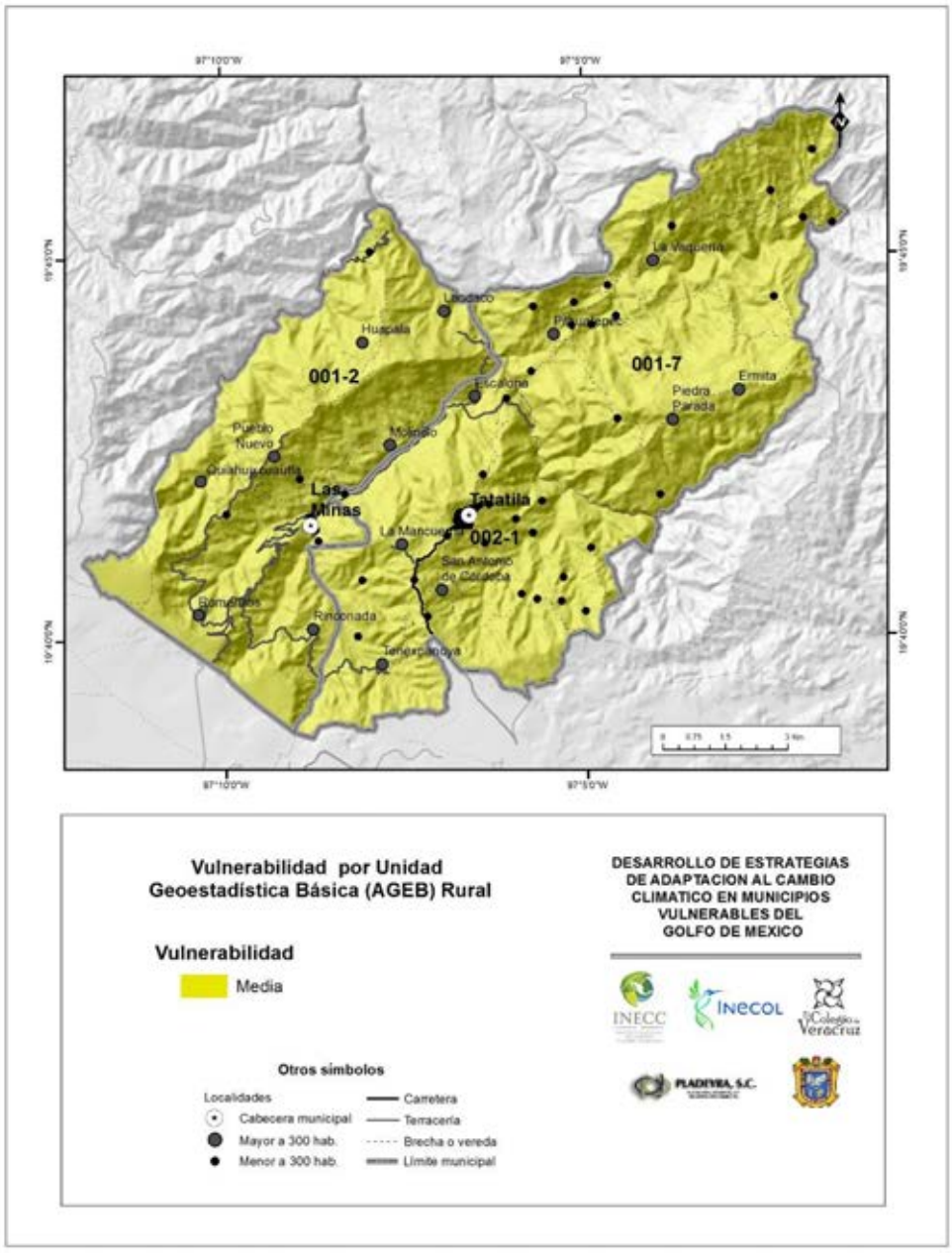


Figura 113. Proceso de elaboración del Mapa de Vulnerabilidad Socioambiental

Para valorar las categorías de Vulnerabilidad se elaboró una matriz de doble entrada y mediante análisis de expertos se cruzaron los valores ecosistémicos con los impactos potenciales y el resultado es el mapa de Vulnerabilidad Socioambiental, la que posteriormente se desglosa con las categorías (negativas y positivas) utilizadas por AGEB rural.

III.5. **Resultados de vulnerabilidad socioambiental por AGEB**



REFERENCIAS

Adger, W.N. 1996. Approaches to vulnerability to climate change. Working Paper GEC 96-05. University of East Anglia, Norwich, UK.

CDB, 2009. *Connecting Biodiversity and Climate Change Mitigation and Adaptation*: Informe del Segundo Grupo Ad Hoc de Expertos Técnicos sobre Biodiversidad y Cambio Climático. Montreal, Serie Técnica No. 41.

Füssel, H.M. 2007 Vulnerability: a generally applicable conceptual framework for climate change research. Global Environmental Change 17(2): 155– 167.

Gobierno del Estado de Veracruz. 2003. Ordenamiento Ecológico de la cuenca de los ríos Bobos y Solteros.

Highland, L.M. y Bobrowsky, Peter, 2008, Manual de derrumbes. Guía pare entender todo sobre los derrumbes: Reston, Virginia, Circular 1325 del Sistema Geológico de los EUA, 129 p

IPCC. 2007. Informe de síntesis. Contribución de los Grupos I, II y III al Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (Core writing team, R. K. Pachauri y A. Reisinge, y equipo principal de redacción. IPCC, Suiza, 105 p.

Locatelli, B., Kanninen, M., Brockhaus, M., Colfer, C.J.P., Murdiyarso, D. y Santoso, H. 2009. Ante un futuro incierto: cómo se pueden adaptar los bosques y las comunidades al cambio climático. Perspectivas Forestales No. 5. CIFOR, Bogor, Indonesia.

McCarthy, J.J., Canziani, O.F., Leary, N.A., Dokken, D.J. y White, K.S. (eds.) 2001 Climate change 2001: impacts, adaptation and vulnerability. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Palma Grayeb, B, R. E. Morales Cortez, R.A. Palma Grayeb y J. Cervantes Pérez. 2014. Climatología región San Andrés Tuxtla-Catemaco de apoyo al análisis de vulnerabilidad regional.

Referencias clima

Cavazos, T., J. A. Salinas, B. Martínez, G. Colorado, P. de Grau, R. Prieto, A. C. Conde, I. Quintanar, J. S. Santana, R. Romero, M. E. Maya, J. G. Rosario de la Cruz, Ma. del R. Ayala, H. Carrillo, O. Santiesteban y M. E. Bravo (2013), Actualización de escenarios de cambio climático para México como parte de los productos de la Quinta Comunicación Nacional, informe final del Proyecto al INECC, 150 pp. Disponible en: http://escenarios.inecc.gob.mx/index2.htm

Díaz, P. y D. Rivera, D. (2012). Los ciclones tropicales en Veracruz y sinopsis del huracán Karl. En Las inundaciones de 2010 en Veracruz. Memoria social y medio físico (págs. 78-122). Fondo Mixto de Ciencia y Tecnología/Conacyt. Disponible en http://www.igeograf.unam.mx/sigg/utilidades/docs/pdfs/publicaciones/inves_geo/boletines/55/b55_art430.pdf

Giorgi, F. y Mearns, L., 2001: Calculation of Average, Uncertainty Range, and Reliability of Regional Climate Changes from AOGCM simulations via the “Reliability Ensemble Averaging” (REA) Method. Journal of Climate, Vol. 15, pp. 1141-1158.

Garnica P. e I. Alcantara (2004) Riesgo por inundaciones asociados a eventos de precipitación extraordinaria en el curso bajo del Río Tecolutla Veracruz. Investigaciones GeoFiguras, UNAM, 55: 23-45.

INECC. (2013). Vulnerabilidad al cambio climático en los municipios de México. INECC Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, SEMARNAT, México.

IPCC, (2007): Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el cambio Climático (Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación). IPCC, Ginebra, Suiza, 104 p. OMM.

Jáuregui, E. (2003), Algunos conceptos modernos sobre la circulación general de la atmósfera. Investigaciones GeoFiguras. Boletín del Instituto de Geografía, UNAM (50),121-143 p.

Magaña, R. V. (Editor) (1999), Los impactos de El Niño en México. Universidad Nacional Autónoma de México/ Inter American Institute for the Global Change Research/ Secretaría de Gobernación /Secretaría de Educación Pública-Consejo Nacional de Ciencia y tecnología, México, D.F., 229pp.

Nasrallah, H.; Brazel, A. y Balling Jr. R.C. (1990). "Analysis of the Kuwait City urban heat. International Journal of Climatology, Vol. 10, pp. 401-405.

Nicholls, N. and W. Murray, (1999): Workshop on Indices and Indicators for Climate Extremes, Asheville, NC, USA, 3-6 June 1997 - Breakout Group B: Precipitation. *Climatic Change*, **42,** 23-29.

López, F. y C. Conde. (2010). Eventos extremos de temperatura. Recuperado en septiembre de 2014, de 45 http://www.atmosfera.unam.mx/gcclimatico/documentos/eventos_2010/taller_ponencia_05.pdf

Moreno, F. (2013), Descripción de la temperatura mínima para los inviernos 2009-2010 y 2010-2011. Meteorólogos. Boletín de meteorología **5**:9-11 p.

Morales, R. E. (2008). *Ondas del Este en las Albercas de Agua Caliente de las* Américas. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Autónoma de México.

Vázquez, J. L. (2010). Guía para el cálculo y uso de índices de cambio climático en México. Recuperado en septiembre de 2014, de http://www.inecc.gob.mx/descargas/cclimatico/Guia_Indices_CC-2010.pdf

Referencias peligros

Comisión Federal de Electricidad (CFE), 1995. Informe Sismotectónico de Gran Visión para la Cuenca del río Nautla, Veracruz.

Geissert, D., D. Dubroeucq, A. Campos y E. Meza, 1994. Carta de Paisajes Geomorfoedafológicos de la Región Volcánica Cofre de Perote, Edo. de Veracruz. México, Conacyt (0796-N9110), México, Instituto de Ecología, A.C. y ORSTOM, (escala 1:75,000).

Seco, R. 1982. Geomorfología: Procesos Exogenéticos. Facultad de Geografía de la Universidad de La Habana, Ministerio de Educación Superior, 157 p.

Spiridinov, A.I. 1981. Principios de la metodología de las investigaciones de campo y el mapeo geomorfológico. Facultad de Geografía de la Universidad de La Habana, Ministerio de Educación Superior, 574 p.

Referencias Sensibilidad socioeconómica

CONAPO. Vulnerabilidad sociodemoFigura ante eventos hidrometeorológicos. Disponible en:

http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Vulnerabilidad_sociodemografica_ante_eventos_hidrometeorologicos
CONAPO. Índices de marginación por localidad 2010. Col.Ìndices sociodemoFiguras. En: www.conapo.gob.mx
Gobierno del Estado de Veracruz. SEFIPLAN. Sistema de información municipal. Cuadernillos municipales 2015: Las Minas.
Gobierno del Estado de Veracruz. SEFIPLAN. Sistema de información municipal. Cuadernillos municipales 2015: Tatatila.
INE-PNUD. Impactos sociales del cambio climático en México. Disponible en: http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/consultaPublicacion.html?id_pub=572
INEGI. Censos de población y vivienda 2010. http://www.inegi.org.mx/
INAFED. Sistema nacional de información municipal. http://www.snim.rami.gob.mx/
Monteroso R.A., A. Fernández E., R.I. Trejo V., A. C. Conde A., J. Escandón C., L. Villers R. y C. Gay G. 2013. Vulnerabilidad y adaptación a los efectos del cambio climático en México. Centro de Ciencias de la Atmósfera. Programa de Investigación en Cambio Climático. Universidad Nacional Autónoma de México. http://atlasclimatico.unam.mx/VyA
SEGOB_CENAPRED. 2006. Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos. Evaluación de la vulnerabilidad física y social.
SEMARNAT-INECC. 2012. Adaptación al cambio climático en México: visión, elementos y criterios para la toma de decisiones. http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/consultaPublicacion.html?id_pub=683
QBIC. Desarrollo de la estrategia nacional de adaptación al cambio climático. Gestión de riesgos ante el cambio climático y diagnóstico de vulnerabilidad –Resumen ejecutivo y anexo metodológico.

IV. LA PERCEPCIÓN SOCIAL Y EL CAMBIO CLIMÁTICO

IV.1. Percepciones y estrategías para disminuir la vulnerabilidad y adaptación al cmabio climático

IV.1.1. Tatatila

Coordenadas: 19°41’36.3”N 97°06’43.4”W
Altitud: 2074 msnm

Condición de los caminos: Hay una pequeña carretera en buen estado aunque se nota su propensión a derrumbes. En la época de lluvias el camino se deteriora mucho.

Máximo grado escolar: telebachillerato en la cabecera municipal, hay jardín de niños y primaria en cada una de las 14 comunidades del municipio.

Clínicas: Hay 12 clínicas en el municipio. Las clínicas tienen los medicamentos básicos, la cabecera municipal tiene un médico y hay auxiliares de salud en las comunidades.

Señal de celular: sólo hay señal de TELCEL y UNEFON en los puntos más altos.

Servicio de recolección de basura: Hay sólo en la cabecera municipal y en dos comunidades, pasa cada viernes.

Transporte público: Hay 4 corridas por día entre Las Vigas y Tatatila, hay taxis entre localidades.

Distancia a la localidad urbana más cercana o a la cabecera municipal: Tatatila es la cabecera municipal del municipio del mismo nombre, está a 7km de Las Vigas, pueblo más comercial y más cercano a la carretera.

Actividad económica principal: agricultura de maíz y frijol.

Figura 114. Vista desde la comunidad de La Cumbre, Tatatila. Foto: Adi Lazos.

Figura 115. Iglesia y patio principal en la cabecera municipal de Tatatila. Foto: Adi Lazos.

IV.1.2. **Las Minas**

La cabecera municipal de Las Minas está en el fondo de un gran cañón.

Este municipio tiene unas pendientes muy pronunciadas y un único camino de acceso que es una terracería de un carril que sufre derrumbes frecuentemente, en especial en época de lluvias. No es un terreno apto para mucha agricultura ni ganadería, hay cultivos para autoconsumo y ganado caprino a pequeña escala.

Visitamos tres comunidades de este municipio: Rinconada, Carboneras y Romerillos.

Figura 116. Vista iglesia de Las Minas

Figura 117. Equipo de trabajo durante las encuestas en Romerillos

IV.1.2.1. **Rinconada**

Máximo grado escolar: secundaria

Clínica: no hay, tienen que ir a la clínica que está en Las Minas -cabecera municipal-.

Señal de celular: no hay, solamente en Las Minas tienen internet.

Servicio de recolección de basura: no hay

Transporte público: no hay en ninguna comunidad, solamente se transportan a pie o en autos particulares.

Distancia a la cabecera municipal: 45 minutos en auto.

Actividad económica principal: agricultura de maíz y frijol

Figura 118. Dos de los informantes de más edad de Rinconada, Doña Ángela Soto Landa (85 años) y su hermano Don Crisóstomo (90 años). Foto: Adi Lazos.

IV.1.2.2. **Carboneras**

Condición de los caminos: mala, carretera muy angosta y con muchos hoyos, atraviesa varios arroyos y en lluvias se pone mucho peor.

Máximo grado escolar: primaria, hay jardín de niños aunque de momento no hay niños.

Clínica: no hay, tienen que ir a Las Minas

Señal de celular: no hay

Servicio de recolección de basura: no hay

Transporte público: no hay

Distancia a la cabecera municipal: 3 km

Actividad económica principal: agricultura aunque va en detrimento por pérdida de fertilidad de la tierra.

IV.1.2.3. **Romerillos**

Condición de los caminos: mala, carretera angosta, proclive a derrumbes

Clínica: no hay, tienen que ir a Las Minas

Señal de celular: no hay

Servicio de recolección de basura: no hay

Transporte público: no hay

Figura 119. Casas en lo alto de una colina, muy expuesta al viento y a los derrumbes. Foto: Adi Lazos.

Se realizaron 115 cuestionarios en total, de las cuales 62 fueron en el municipio de Tatatila y 53 en el municipio Las Minas. Se consideraron ambas zonas como una sola por su similitud en condiciones geoFiguras, sin embargo se presentan también los datos por separado para poder ver las diferencias municipales. El cuadro 56 muestra el número de cuestionarios realizados por sector en cada municipio.

Cuadro 56. Numero de cuestionarios realizados en cada municipio.

	Tatatila	Las Minas
agricultura	21	21
ganadería	20	10
mujeres rurales	20	22
sólo general	1	0
TOTAL	62	53

La información se presenta de acuerdo a las dimensiones establecidas en la metodología para evaluar la vulnerabilidad de los municipios, pero a diferencia de ésta, se basan en un contexto local, no municipal, lo cual brinda gran importancia a los resultados. Este nivel local y personalizado sacrifica significancia estadística pero permite conocer la situación de los pobladores con mayor profundidad. A través de los cuestionarios se obtuvo la percepción de los pobladores de las comunidades ante los efectos del cambio climático y sus acciones.

IV.1.3. **Comparando las informaciones del índice de sensibilidad con los resultados de los cuestionarios**

*1. La dimensión de **población** se midió con las variables de % de la población municipal, % de población en hogares de jefatura femenina y % de población con alguna discapacidad.*

El rango de edad con mayor número de informantes fue entre 31 y 40 años. Nuestra muestra parece normal, aunque disminuyó drásticamente con los pobladores de menos de 20 años. Sólo en Las Minas se tuvieron informantes de 81 o más y sólo en Tatatila informantes de menos de 20 años. Para Las Minas se ve más pareja la población de nuestra muestra en los grupos de 31 a 40 años y de 41 a 50 años. El 43% de los informantes fueron mujeres y el 57% hombres.

El 54% de los informantes son casados, el 27% están en unión libre, el 11% solteros, el 5% viudos, el 2% separados y 1% no contestó. El 37% de los informantes no vive con ningún menor de 12 años. El 32% tiene 30% o menos de los habitantes de su casa menores a 12 años; el 21% tiene entre el 31 y 60% de los habitantes de menos de 12 años y el 6% tiene el 61% o más. El 3% no contestó (se calculó este porcentaje dividiendo el número de menores de 12 años entre el número de habitantes que viven en una casa). En el 64% de los hogares no viven personas de 65 años. El 7% son personas mayores que viven solas (se

eligió el umbral de 65 años por el programa de subsidios del gobierno federal llamado 65 y más, orientado a personas de la tercera edad).

El 61% informó que algún miembro de su hogar sí se ha ido a trabajar fuera de la comunidad.

El 37% tiene familiares que han ido a trabajar dentro de Veracruz, el 19% a otros estados y el 8% al extranjero. El 2% no sabe a dónde se fueron, 2% no contestó. El 39% que no aplica son aquellos que ya habían respondido a la pregunta anterior que no o que no contestaron. En el caso de Las Minas, la gente informó que hay una mayor migración dentro del mismo estado de Veracruz. Para otros estados y para el extranjero hay mucha más migración de los familiares de informantes de Tatatila.

→ Conclusión

Los grupos mas vulnerables son las personas mayores que viven solas las cuales representan el 7%. El otro grupo vulnerable es el de aquellos que tiene un 61% de menores de doce años viviendo con ellos, este grupo representa el 6%.

Por el otro lado un factor que aumenta la vulnerabilidad es la migración, ya que aquellos que salen en busca de trabajo a otros lugares están dentro de la edad economicamente activa y en los hogares se quedan niños y personas mayores que son los más vulnerables.

2. La dimensión de **vivienda y servicios** se midió con las variables de % de viviendas con piso de tierra y % de viviendas con carencia de al menos un servicio.

En los cuestionarios no se preguntó sobre el piso de tierra. Sobre los servicios se observó que todas las poblaciones del estudio tienen luz eléctrica. Sin embargo, a pesar de que en Las Minas están las instalaciones de la Comisión Federal de

Electricidad (CFE) se pierde el servicio de electricidad fácilmente por causa de derrumbes y lejanía con las conexiones.

Sobre el agua para uso doméstico se reportó que el 51% de los informantes cuenta con agua potable entubada, el 46% de manantial, el 9% de garrafón, el 1% de pipa, 1% de pozo profundo, 2% de otras fuentes (arroyo o tanque) y 1% no contestó. Hay diferencias dentro de la misma región, en Las Minas nadie toma agua de garrafón y hay una dependencia mucho mayor de los manantiales. En Tatatila hay un mayor porcentaje de informantes que toman agua de la red de agua potable entubada. Para esta pregunta hubo dos informantes de Las Minas comentaron que la manguera que distribuye el agua se rompe frecuentemente y otro que hicieron una virgen al lado de un nacimiento de agua para que no se acabe. El 63% de los informantes notan que el nivel del agua para uso doméstico sigue igual, el 31% que ha disminuido, el 10% que cambia por temporadas (baja en secas y aumenta en lluvias), el 2% que ha aumentado y el 1% no contestó.

Con respecto a los desechos del baño, el 49% reportó que los desechos del baño se van a una fosa séptica, el 40% que se van al drenaje, el 3% a una letrina, el 3% a un barranco, el 3% a otro lugar, el 1% a un cuerpo de agua y el 2% no contestó. En Tatatila hay 63% de informantes que usan drenaje, mientras que en Las Minas el 74% depende de las fosas sépticas. También en Las Minas los desechos van a un barranco o a un cuerpo de agua (río). Un informante de Las Minas comentó que al menos en la cabecera municipal y alrededores sí hay drenaje pero está en muy malas condiciones puesto que no se terminó de hacer la planta de tratamiento y entonces las aguas negras llegan al río directamente.

Respecto a la forma de deshacerse de la basura el 56% de los informantes queman la basura, el 40% la tira al servicio de limpia, el 34% usa la basura orgánica para alimentar a sus animales o para abonar la tierra, el 19% la entierra, el 3% separa el cartón y el plástico, el 2% la tira al barranco y el 1% no contestó. Los informantes mencionaron que el papel se quema y el plástico se quema o se entierra. Hay fuertes diferencias entre los municipios, en Las Minas hay mucha

más gente que entierra y quema la basura, o la tiran al barranco. En Tatatila casi el 70% la tira al servicio de limpia y un porcentaje menor separa cartón y plástico. Para Las Minas un informante reportó que donde sí hay servicio de limpia en realidad recolectan la basura y luego la tiran en un barranco.

OBSERVACIÓN PERSONAL: En una comunidad de la región una mujer mencionó que el programa Oportunidades les dice que entierren su basura pero que al menos ella ya no tenía espacio para seguir enterrando. Hace mucha falta un buen programa de tratamiento de residuos en la zona rural. Si bien utilizan mejor la materia orgánica que en la ciudad, la cantidad de plástico va en aumento, contaminando los suelos y el agua.

En el cuestionario dirigido a mujeres rurales se encontró que 93% de las informantes sí usan leña, el 7% no usa. En Las Minas el 100% de las informantes usan leña, en Tatatila un porcentaje menor. El 36% de las informantes obtiene la leña de su terreno, el 33% la compra, el 26% la saca del monte, el 2% de árboles tumbados, el 2% es regalada de los vecinos que tienen ganado. En Las Minas hay un porcentaje mayor de informantes que toman la leña del monte y de la parcela o terreno en comparación con Tatatila, donde mayoritariamente se compra.

En cuanto a la condición de hacinamiento - número de habitantes/número de cuartos por hogar- es considerada por INEGI como las viviendas con un valor de más de 2.5 de este índice. Los resultados muestran que en la región el 75% de los informantes viven sin hacinamiento (hasta 2.4) y el 24% con hacinamiento. El 1% no respondió.

→ Conclusión

Una de las grandes vulnerabilidades de estas poblaciones es el suministro de agua y electricidad el cual se puede ver afectado por cortes en las tuberías o en el cableado debido a deslaves.

Por el otro lado los sistemas de saneamiento deben de ser modificados si se quiere evitar daños ambientales. Practicas como la quema o enterrar la basura no son sustentables, por lo tanto se debe buscar una mejor división de la basura que puede ser reaprovechada y la que debe ser recogida por los servicios públicos de limpieza. Lo mismo ocurre con el drenaje que va al río.

3. La dimensión de **educación** se midió con las variables de % de población analfabeta y % población en rezago educativo.

En los cuestionarios los datos relevantes a la educación corresponden al nivel educativo, donde el 37% de los informantes cuentan con primaria no terminada, el 30% primaria terminada, solo 15% tiene secundaria y menos de 3% cuentan con un nivel superior. Las personas que no saben leer o escribir son el 10%. Se observa que el mayor porcentaje de las personas han estudiado entre primaria y secundaria. Destacan casos de personas con nivel preparatoria y universidad, para el caso de Tatatila, mientras que en Las Minas, destaca el caso de un informante con nivel posgrado.

OBSERVACIÓN PERSONAL: es importante mencionar que el tema de la educación en estos municipios solo le preocupa a menos del 10% de los informantes, siendo el poco acceso que se tiene a las escuelas y la insuficiente capacitación lo que identifican como principales problemas.

Pese a esto, aun destacan algunos casos como el de María Gutiérrez, que es la informante de Las Minas que tiene una maestría, estudió biología y trabajó muchos años en instituciones relacionadas con la conservación y manejo de recursos naturales. Tiene amplios conocimientos sobre la cuenca que compone el municipio, así como de la historia de la región. Está recopilando información de la zona. Se trata de un caso excepcional de una mujer que salió a estudiar y trabajar y decidió regresar a su pueblo natal donde viven sus padres. Ella renta cuartos (donde nos quedamos) y tiene una antena de internet, ofrece los servicios de ayudas en tareas, ayuda para hacer trámites por internet, papelería, etc. Se trata de una agente clave en este municipio, pues podría ser un ejemplo y un apoyo para impulsar a las personas a estudiar y mejorar en este aspecto.

→ **Conclusión**

El bajo nivel educativo es una de los principales factores que afectan a la vulnerabilidad de estas poblaciones; si sumamos aquellos que no terminaron la primaria con los que tienen como grado máximo la primaria terminada representan el 67%. Si se quiere que la población tenga las capacidades necesarias para diversificar sus medios de ingreso es necesario que cuenten con una mejor preparación.

*4. La dimensión de **salud** se midió con las variables de % de población sin derechohabiencia a servicios de salud.*

El 23% contestó que la salud es el problema que más les preocupa, en Tatatila tuvieron 14 respuestas y en Las Minas 13 respuestas.

En Tatatila hicieron mención de falta de centros de salud, nuevas enfermedades, las clínicas no están bien equipadas ni abren de noche, las medicinas para la diabetes son muy caras, está muy difícil la comunicación y el transporte hasta el centro de salud de la cabecera municipal. La diabetes y el cáncer, como enfermedades nuevas, las atribuyen a la mala alimentación y a malas prácticas de cultivo. Varios mencionaron que si se enferman o envejecen ya no van a poder trabajar. Las soluciones que proponen son cuidarse, comer mejor –menos chatarra y más carne-, que haya una clínica con médico, mejor equipamiento y más medicamentos y abierta 24 horas. Así también cultivar y criar animales para autoconsumo.

En Las Minas les preocupa que haga mucho frío y sean más propensos a enfermarse porque no tienen buen acceso a médicos ni medicinas, enfermarse y dejar a sus hijos vulnerables, que lleva muchos años con un tratamiento y ya tuvo secuelas peores. Como solución dijeron ahorrar, traer médicos, contratar a una persona que tenga coche para que los lleve en caso de una emergencia, no quemar basura, hervir el agua.

El 93% de los informantes acude con el médico, el 25% a remedios caseros y el 2% no contestó. En Las Minas se nota una mayor inclinación al uso de remedios caseros comparado con Tatatila. Cabe mencionar que el acceso a médicos es más complicado en Las Minas que en Tatatila.

MUJERES

Cuatro mujeres de 42 respondieron que uno de los problemas a los que se enfrentan diariamente es la salud y se debe al estrés porque no hay trabajo, al esposo diabético y a la vejez; y como posible solución dieron traer más trabajo y cuidar dieta.

Las enfermedades más recurrentes en ambos sitios son las gripas. En Tatatila mencionaron casos de cáncer, diabetes, dolor de espalda, estomacales, dolor de huesos, mala circulación, alteraciones en la presión arterial, problemas de próstata, riñón y vías respiratorias. En Las Minas hay más problemas estomacales, diarrea, dolor de cabeza anemia, glucosa baja, presión arterial alterada, tifo y problemas de vesícula y vías respiratorias.

El 48% de las informantes prefiere medicamentos, el 33% prefiere remedios tradicionales, el 14% ambos y el 5% no contestó. En general se considera la elección de medicamentos o remedios dependiendo de la enfermedad o lo que funcione mejor.

Las razones para usar medicamentos son que tienen más confianza en el médico, ahora esa es la costumbre, es más fácil, ya no sirven los remedios tradicionales, y son más efectivos.

Las razones para usar remedios tradicionales son la tradición, que son más baratos, más efectivos, les tienen fe, dañan menos el estómago, son más naturales, es lo que tienen a falta de médico, los químicos curan unas cosas y dañan otras.

En Tatatila se mencionaron 17 plantas medicinales, en Las Minas dijeron 38 plantas. Hubo un porcentaje mayor de informantes en Tatatila que no usa ninguna planta medicinal. Para Tatatilas las plantas que más se usan son manzanilla, espinocilla y canela. Para Las Minas son hierba maestra, estafiate, manzanilla, espinocilla, cedrón y canela.

De las prácticas de generaciones anteriores rescatarían usar remedios naturales, tener buenos hábitos alimenticios

→ Conclusión

La falta de clínicas o difícil acceso a ellas es la mayor vulnerabilidad de este sector. Es necesario ampliar la cobertura del sistema de salud o desarrollar un procedimiento para que la gente que lo necesite pueda acceder a atención médica, como puede ser un transporte en caso de emergencia.

Se conserva el uso de plantas medicinales “El 48% de las informantes prefiere medicamentos, el 33% prefiere remedios tradicionales, el 14% ambos… “

Algunas de las enfermedades pueden ser prevenidas por medio de capacitaciones que promuevan practicas como son hervir el agua, dietas balanceadas o especiales como es el caso de diabetes.

5. La dimensión de **tecnologías en la vivienda** se midió con las variables de % de viviendas con algún dispositivo de comunicación (radio, tv, tel) y % de viviendas con refrigerador.

Los resultados de los cuestionarios mostraron que el 57% de los informantes tienen radio, el 87% tienen televisión, el 8% teléfono de casa, el 27% celular, el 56% refrigerador, el 3% ninguno de los anteriores, el 3% no contestó. En Las Minas hay un porcentaje mucho menor de informantes que tienen celular y teléfono de casa. Menos del 50% tienen refrigerador y en ambos municipios más del 80% tienen televisión.

Relacionado con las amenazas climáticas casi el 70% de los informantes se enteran de una amenaza climática en su zona por medio de la televisión, el 32% a través del radio, el 16% a través de los vecinos, el 6% por protección civil, el 3% por el municipio y el 14% por otros medios. En esta última categoría entran: por observación propia (e.g. si corre aire con agua seguro habrá un deslave, si *azota* en Perote seguro en estos municipios también), cuando ya lo están sufriendo, de boca en boca, por medio de una bocina que va avisando en todo el pueblo, avisan en la escuela, por el agente municipal, por radio portátil. Un informante comentó que antes ya se sabían las fechas en las que habría lluvia o huracanes (e.g. San Miguel, San Jerónimo) y utilizaban el calendario Galván.

El 63% de los informantes dijeron que estas maneras de avisar funcionan bien, 31% que funcionan regular, 3% que funcionan mal y 3% no contestaron. El porcentaje que encuentra que funcionan mal se refirieron a la televisión y al radio.

Un informante comentó que funciona enterarse por televisión siempre y cuando haya electricidad, la cual es fácil de perder en caso de una emergencia de clima. Otra persona comunicó que en el caso de Las Minas, sólo tienen acceso a información más precisa los que pueden comprarse radio portátil. Otro comentó que los jóvenes son los que menos se enteran porque no ven las noticias.

→ Conclusión

57% de los informantes tienen radio, el 87% tienen televisión, el 8% teléfono de casa, el 27% celular, el 56% refrigerador. La mayor parte se entera por las noticias de la televisión o radio. Un problema que mencionaron fue que muchas veces se corta la electricidad por deslaves y se quedan sin información, solo los que tienen radio portátil pueden seguir escuchando las noticias.

6. La dimensión de **infraestructura** se midió con las variables de distancia a localidad urbana o cabecera municipal y conectividad terrestre (distancia a carretera pavimentada, revestida o terracería).

En los cuestionarios se abordó el tema de infraestructura refiriéndose a servicios como agua entubada, electricidad, drenaje, alumbrado público y estado de los caminos, entre otros.

En cuanto al agua se estableció que poco más del 50% de los informantes utilizan agua potable entubada en ambos municipios y poco más de 40% emplean agua de manantial. Una de las principales diferencias entre los municipios es que en Las Minas no compran agua de garrafón y que los mayores porcentajes de agua se obtienen directamente de manantiales. Lo anterior deja entrever una mayor dependencia de este municipio a las fuentes de agua natural.

La identificación de la condición del servicio de electricidad no se hizo de manera directa, pero se cuestionó acerca de la posesión de aparatos eléctricos, lo que muestra la presencia de este servicio en los domicilios. De acuerdo con esta condición, más del 80% de los informantes, para ambos municipios, cuentan con electricidad ya que cuentan con televisión.

Para conocer el estado del servicio de drenaje se preguntó en el cuestionario: ¿a dónde van los desechos de su baño?. A través de las respuestas se estableció que cerca de la mitad de los encuestados, en general, emplean fosa séptica, sin embargo, existe una diferencia entre Las Minas y Tatatila en cuento a que en el primero, mas del 70% emplean fosa séptica y en Tatatila el 63% usan drenaje. El servicio de drenaje es poco eficiente en ambos lugares, pero en Las Minas, se registró los casos en que los desechos se van a un barranco o a un cuerpo de agua (río). Lo mencionado por uno de los informantes es un ejemplo de la problemática en este municipio, pues establece que:

"En la cabecera municipal (Las Minas) y alrededores sí hay drenaje pero está en muy malas condiciones porque no se terminó de hacer la planta de tratamiento y entonces las aguas negras llegan al río directamente".

En cuanto a la condición de los caminos, se puede establecer que la infraestructura es mayor en Tatatila en comparación con Las Minas, ya que el camino al primer municipio cuenta con pavimentación, mientras que el camino a Las Minas es en un 90% terracería.

Si bien en Las Minas la condición se puede agravar en mayor medida con las lluvias y sus consecuencias, ambas comunidades pueden quedar incomunicadas y por lo tanto ser más vulnerables o propensos a condiciones adversas. En el caso de Las Minas 15 informantes identifican como preocupante el estado de los caminos, pues son de terracería, en malas condiciones, presentan derrumbes y caída de piedras, y aunado a esto no se puede desarrollar el servicio de transporte publico.

OBSERVACIÓN PERSONAL: la infraestructura es claramente mayor en Tatatila. Las condiciones de los caminos, la falta de luz eléctrica, el deficiente sistema de agua potable y la falta de drenaje, agravan la condición en Las Minas.

Es importante dejar en claro que si bien los datos reportados a nivel municipal permiten tener una referencia de la situación de la población, los acercamiento a nivel localidad permiten identificar algunas situaciones que difieren del promedio municipal, como en el caso de las condiciones de los caminos o los servicios de luz y drenaje.

→ Conclusión

Como ya se mencionó antes la mayor vulnerabilidad de la infraestructura es su fragilidad ante fenómenos hidrometeorológicos ya que se cortan los suministros de

energía electrica y de agua, pero también las vías de acceso presentan este problema, aunque en mayor medida en las Minas

7. La dimensión de ***economía*** *se midió con las variables de la tasa de participación económica, la tasa de desempleo y la razón de dependencia económica.*

En el 52% de los hogares tienen entre 2 y 4 personas que dependen del ingreso familiar, para el 43% dependen 5 personas o más. El 4% solo una persona y el 1% no contestó.

A la pregunta sobre la actividad con que complementan su ingreso el 24% de agricultura, el 15% con ventas, el 8% con ganadería, el 7% siendo empleado, el 4% con albañilería, el 3% con apoyos de gobierno, el 3% con carpintería, el 10% con alguna otra actividad, el 30% no tiene actividades complementarias y el 3% no contestó.

Las actividades de agricultura incluyen jornalear –hacer actividades del campo en terrenos ajenos- y pizcar –trabajar en otras fincas cosechando el producto-. El jornal de un campesino está en $100 por día. La ganadería se refiere a actividades de pequeña escala para autoconsumo como tener algunas cabras, unas pocas vacas y gallinas. Las ventas se diversifican sobre todo en el sector de las mujeres pues mencionaron tortillas, repostería, tamales, verdura, servilletas bordadas, coronas de muerto, leña y las tiendas de abarrotes. En la categoría de otros se incluye plomería, profesor jubilado, taxista, cocinera, trabajo en las minas de mármol, sacar laja, hacer carbón, envío de dinero por los hijos, chofer eventual, renta de cuartos, papelería, ayuda en trabajos escolares. Algunos informantes mencionaron que su mayor ingreso son los apoyos de gobierno.

OBSERVACIÓN PERSONAL: En el pasado, cuando no había agroquímicos ni maquinaria había una gran necesidad de mano de obra en el

campo. En particular en tiempos de siembra o de cosecha hay un pico de trabajo que se necesitaba llenar. Además la agricultura era más próspera, la tierra era más fértil y las estaciones del año eran más marcadas; de esta manera era más probable que la cosecha alcanzara para pagarles a todos. Por otra parte, según los resultados de la zona de Los Tuxtlas, una de las prácticas de la gente mayor que se ha perdido es que se ayudaban en las faenas del campo, la comunidad iba rotando donde tocaba trabajar pues la mayoría se dedicaba a la agricultura. Hoy día no todos se dedican a la agricultura, no todos tienen terreno y hay mayor incertidumbre respecto a los resultados de la siembra, además hay más robo.

Hay diferencias dentro del sector campesino que vale la pena subrayar. David Díaz, un campesino de La Mancha, nos habló de diferencias entre los que tienen tierra y los jornaleros. Valdría la pena estudiar con mayor profundidad la vulnerabilidad bajo la variante de tenencia de la tierra para este sector, que depende de la misma para lograr su sustento.

Se notan diferencias entre ambos municipios. La albañilería, la carpintería y los empleados solamente se reportaron en Tatatila. Los empleados se refieren a gente trabajando en el municipio como policías, fontaneros o personal del ayuntamiento que también tienen terrenos agrícolas o ganaderos. Para la agricultura en la zona de Tatatila se encontraron informantes que complementan su ingreso cultivando higos en sus huertos de traspatio. En Las Minas se nota una mayor dependencia en los apoyos de gobierno y en las ventas. Asimismo, hay un mayor porcentaje de informantes que no tienen otras actividades que complementen su ingreso.

Un agente municipal, informante de Las Minas, comentó que tanto para el ayuntamiento, como para la CFE, como para las empresas mineras se contrata personal calificado que necesariamente viene de fuera pues es muy raro y difícil que alguien salga de la comunidad a estudiar y vuelva.

OBSERVACIÓN PERSONAL: Las Minas tienen comunidades con mucho mayor aislamiento que las que visitamos en Tatatila. Si bien Tatatila tiene comunidades

muy lejanas que no pudimos visitar, la cabecera municipal está relativamente cerca de Las Vigas, pueblo comercial a lado de la carretera donde hay más movimiento de mercancías y servicios.

En el caso de Las Minas, es importante que el ayuntamiento, la CFE y las mineras tomen un papel activo en el desarrollo sustentable de la región. Cabe mencionar que los trabajadores de estas instituciones viven en la cabecera municipal de Las Minas, por ello tuvimos que buscar a los informantes en otras comunidades.

El problema económico que más les preocupa en Tatatila (34 respuestas) son que no hay empleo y que no hay dinero. Según los informantes se debe al alejamiento y falta de apoyo del gobierno, que no hay fuentes de empleo, sólo hay trabajo en el campo, es lo que saben hacer y se gana poco, falta de preparación, requieren hacer muchos trámites, suben los precios, no hay buenos sueldos, no hay ventas, ha perdido fertilidad la tierra y ya no se puede emplear gente en el campo porque ya no da, el gobierno federal no invierte, no hay maquiladoras, burocracia, corrupción, la falta de caminos para dar apoyos, no hay capacidad de gastar y comprar, pagan barato sus productos, los combustibles suben de precio y hay más productos chatarra. Las soluciones generales que proponen son que el gobierno cumpla sus encomiendas y ayude más al campo, que se instalen maquiladoras y otras empresas.

Para Las Minas (22 respuestas) los problemas son muy parecidos a los de Tatatila, que no hay trabajo ni dinero y aquí mencionaron varias veces la pobreza extrema. Lo atribuyen a que no hay muchos empleos y los que hay no pagan bien, los campesinos ya no tienen trabajo, es difícil salir a trabajar a otro lado por las condiciones del camino, hay muchos habitantes, no hay apoyos de gobierno, no hay dinero, traen gente preparada de fuera para trabajar en la CFE (Comisión Federal de Electricidad) y dejan sus plazas a sus familiares, al cambio de gobierno federal, no tener terreno para sembrar, marginación, la delincuencia y quitaron la extracción de marmolinas. Las soluciones que proponen son aumentar los

sueldos, creación de empleos, apoyo a empresas, poner maquiladoras, traer más trabajo de fuera para no tener que salir, que se respeten los precios de los productos agrícolas, poner otra marmolera *para que trabajen los maridos*, cambiar al presidente, comprar terrenos aunque no hay con qué comprarlos, emigrar, empleos temporales de gobierno, más apoyos de gobierno, más fuentes de empleo.

AGRICULTURA

El 62% de los informantes se dedica a la agricultura desde hace más de 30 años, el 31% desde hace 11 a 30 años y 7% hace menos de 10 años.

El 52% de los informantes tienen terrenos de entre 1 y 3 hectáreas, el 26% de menos de una hectárea, el 12% entre 7 y 10 hectáreas, el 5% de 4 a 6 hectáreas y el 5% de 11 hectáreas en adelante. Se nota que en el segmento de terrenos de 7 a 10 hectáreas sólo hubieron informantes de Las Minas, mientras que en el grupo de 1 a 3 hectáreas más de Tatatila y en el de 4 a 6 hectáreas sólo de Tatatila. El 93% de los informantes dijo que su terreno es mayormente en pendiente, sólo el 7% tiene terreno en plano.

El 74% de los informantes dependen de la lluvia o temporal para sus cultivos, el 10% depende de nacimientos de agua, 10% de agua entubada, y en porcentajes menores la toman de pozo, manantial, arroyo, río o tanque.

Los cultivos que más se producen en Tatatila son el higo, el café, el erizo, el frijol y el maíz. Aunque también hay cultivo de chile verde, plátano, calabaza, col, durazno, manzana, ciruela, pasto, naranja, lima. En Las Minas sobresalen los cultivos de frijol y maíz criollo, seguido de durazno, ciruela, calabaza, chipotle y chile verde. Varios informantes también refirieron que la mayoría de su producción es para autoconsumo y que venden los sobrantes. En particular acerca del maíz comentaron que casi nunca sobra porque se usa tanto para consumo humano como para consumo animal.

Los informantes de Tatatila venden en un mayor número de lugares - 6 - y a mayor distancia –Xalapa, Puebla, Ciudad de México - que la gente de Las Minas. Los informantes de Las Minas venden en su municipio, en Mecacalco, en Perote y en Las Vigas. Cabe mencionar que Las Vigas queda muy cerca y accesible para los habitantes de Tatatila, no así para Las Minas.

El 48% de los informantes dijeron que la producción de sus cultivos es igual que siempre, el 38% que la producción ha disminuido, el 10% no contestó, el 2% que ha aumentado y 2% no sabe.

Hay una diferencia notable entre municipios, en Las Minas casi el 60% de los informantes reportó que la producción de sus cultivos ha disminuido, en contraste con un 20% con esa respuesta en Tatatila. Por otro lado, más del 70% de la gente de Tatatila encuentra que la producción es igual que siempre y solo el 24% de Las Minas opina lo mismo.

El 38% de los informantes dicen que hay la misma cantidad de plagas que siempre, el 36% reportan que hay más que antes, 10% menos que antes y 17% no contestó.

El 93% de los informantes no pertenece a ninguna organización relacionada con la agricultura. El 5% mencionó a PROCAMPO, que es un programa de subsidio federal más que una organización y sólo una persona de Las Minas dijo pertenecer a un ejido. Sólo un informante que pertenece al PROCAMPO mencionó que un problema es que no les dan todo el dinero que corresponde.

OBSERVACIÓN PERSONAL: Cabe mencionar que la tenencia de la tierra no es ejidal y que no hay ningún tipo de cooperativas ni otras maneras de organización en la región, lo cual puede ser signo de una mayor vulnerabilidad de la población y también de un campo de trabajo interesante pues ya que no existen grupos organizados disfuncionales se puede comenzar

De las practicas de genraciones anteriores rescatarían tener ganado, vender los productos entre vecinos, diversificar los cultivos

GANADERÍA

El 53% de los informantes tienen más de 30 años de dedicarse a la ganadería, el 20% tiene entre 11 y 30 años y el 27% menos de 10 años. En Las Minas hay más informantes en los segmentos de más de 30 años y de menos de 10 años comparando con Tatatila. Tatatila tiene más informantes en el grupo que se ha dedicado entre 11 y 30 años.

El 10% de los informantes tienen su terreno de menos de una hectárea, el 37% de entre una y tres hectáreas, el 13% de cuatro a seis hectáreas, el 10% de siete a 10 hectáreas, el 17% de 11 hectáreas en adelante y el 13% no contestó. El 77% de los informantes tienen su terreno en pendiente, el 10% en plano, 10% tiene de ambos y el 3% no contestó.

El 37% de los informantes obtiene el agua para su ganado de la red entubada de agua, el 20% de nacimiento, el 17% de manantial, el 13% de arroyo, el 10% de pozo, el 7% de río.

El 60% de los informantes tienen ganado bovino, el 33% tiene de cabras –también llamadas chivas-, el 3% tiene borregos, 3% tiene cerdos y 7% no contestó. Las Minas muestra mayor diversidad de tipos de ganado que Tatatila, donde predomina el ganado bovino. Las cabras son el ganado más mencionado en Las Minas.

OBSERVACIÓN PERSONAL: Las cabras están más adaptadas a los terrenos con pendientes tan marcadas como en la zona.

El 53% de los informantes tienen su ganado para leche, el 37% doble propósito (carne y leche), el 7% carne, el 3% no contestó. En Tatatila hay una mayor proporción de ganado de leche, por el contrario en Las Minas es ligeramente más abundante el ganado de carne y doble propósito.

El 73% de los informantes encuentran que la producción de leche o carne es igual que siempre, 10% que ha disminuido, 3% dice que ha aumentado, 3% no sabe y 10% no contestó.

Para la disminución de la producción lo atribuyen a la falta de pastos, los nortes y que murieron algunas vacas (no se sabe por qué). Un solo informante comentó que el aumento de la producción se debe a que tiene mejores animales.

En cuanto a producción de carne, reportaron que un borrego alcanza los 50 a 60 kilos de carne. Para el ganado bovino dos informantes dijeron que menos de 100 kilos, otros dos entre 100 y 300 kilos y sólo una persona mencionó entre 300 y 500 kilos.

El 40% de los informantes reportan que le pagan el litro de leche entre uno y cinco pesos, el 23% entre seis y 10 pesos. Por otra parte la rueda de queso se paga entre siete y 17 pesos. El 13% no aplica y el 7% no contestó.

OBSERVACIÓN PERSONAL: Hay que averiguar cuántos litros de leche se necesitan para la producción de queso, aunque seguramente conviene por ser un valor agregado. En campo nos contaron sobre una persona que es de la región (Tenepanoyan municipio de Tatatila – Facebook Esteban García Gutiérrez) pero que ha vivido mucho tiempo fuera, que se ha dedicado a acopiar leche y elaborar quesos gourmet. Intentamos encontrarlo en los mercados orgánicos de Coatepec y Xalapa pero sin éxito, aunque sabemos que ahí venden sus productos. Es una iniciativa interesante y que puede darle salida al producto de varios ganaderos. Se puede notar que en Tatatila se vende la leche por litro más que en Las Minas, donde en cambio se hace más queso.

Por otra parte, el kilo de carne se paga entre $25 y $30 pesos. Los informantes de Tatatila usualmente venden en su misma región y en Las Vigas, que es un poblado comercial cerca de la autopista a Perote, también mencionaron Xalapa. Los de Las Minas venden en su municipio, en Tatatila y Las Vigas pero más en Perote y Villa Aldama.

Se nota una tendencia de que los ganaderos de Las Minas manejan números mayores de cabezas al año. Más del 60% de los informantes de Tatatila tienen de una a 10. El 53% de los informantes manejan entre una y 10 cabezas de ganado por año, el 23% entre 11 y 20, el 10% entre 31 y 40, el 7% entre 41 y 50, el 10% entre 50 y 60, el 3% no contestó.

OBSERVACIÓN PERSONAL: Los hatos de cabras son mucho más grandes que los de vacas en las condiciones de los sitios.

El 30% de los informantes consideran que hay la misma cantidad de enfermedades, parásitos y otros animales que afectan el ganado, el 27% encuentra que hay más que antes, el 23% que hay menos que antes, el 3% no sabe, el 7% no aplica y el 10% no contestó.

Ante la pregunta sobre su mayor problema con el ganado uno respondió que no hay donde vender, ya que “no les gusta la leche con nata, prefieren la de caja”; y como posible solución dio “ofrecer hasta que compren, hacer queso con la leche”.

El 80% de los informantes no pertenecen a ninguna organización, 10% pertenece a la asociación ganadera, sólo una persona a la asociación de caprinocultores y una persona dijo al programa 70 y más.

MUJERES

El problema al que se enfrentan diariamente las mujeres en cuestiones económicas con 10 respuestas es No hay comercios, empleo, pobreza, y la causa es “no hay mercado, no se puede salir a trabajar fuera, no tiene su propio gasto ni vivienda, el esposo no gana suficiente y necesita buscar ingresos extras, no alcanza en el dinero, no hay de comer para los niños, no quieren hacer más fuentes de trabajo”; y dieron como posible solución “que haya mercado, más

empleo, trabajar en otro estado, cursos, empleo temporal, fábrica o maquila que dé empleo a mujeres, trabajar, pedir fiado y pagar con lo de Oportunidades".

Aunque un gran número de personas cuenta con dos trabajos ambos son por temporadas y no perciben ingresos suficientes, con lo cual no pueden construir resiliencia por medio de capacidades

El sector agrícola presenta un grado alto de vulnerabilidad ante el cambio climático, "93% de los informantes dijo que su terreno es mayormente en pendiente", "El 74% de los informantes dependen de la lluvia o temporal" por lo que son especialmente vulnerables ante las secas y las lluvias intensas que provocan deslaves.

El 93% de los agricultores y el 80% de los ganaderos no pertenecen a ninguna organización de su sector.

Ganadería

Unidades de producción rural

Se realizaron 30 cuestionarios a ganaderos de ambos municipios, de los cuales el 53% se ha dedicado por mas de 30 años a esta actividad. El terreno varia de tamaño pero el 37% de los informantes establecieron que trabajan sobre una superficie de una a tres hectareas y solo el 17% lo hace sobre mas de 11 hectareas. El 77% de los informantes tienen un terreno mayormente en pendiente, el 10% en plano y el 3% no contestó.

El ganado que desarrollan es 60% bovino, 33% cabras y 3% borregos. El pastoreo libre se ve favorecido en un 70% por los informantes, el 37% los tienen en corrales o establos, el 10% lo maneja con divisiones. El tipo de ganado marca una diferencia considerable entre los municipios, en Tatatila desarrollan en mayor medida vacas y borregos, mientras que en Las Minas el principal ganado son las cabras (véase apartado general).

Mas del 50% de los informantes manejan una a 10 cabezas de ganado por año, el 23% entre 11 y 20, mientras sólo el 10% posee entre 41 y 50. Las razas de ganado bovino más comunes son la criolla o pinta, holandés, Holstein, suizo, sardo, Salers y lechero en general; el ganado caprino el alpino, Saanen y Toguer. El 53% tienen el ganado para la obtención de leche, el 37% para doble propósito, el 7% para carne y el 3% no contestó.

OBSERVACIÓN PERSONAL: los productores de ambos municipios son muy pocos, fue difícil localizar a los informantes en ambas zonas y de acuerdo con la información que nos proporcionaron se puede establecer que son productores pequeños.

La producción de vacas en Las Minas es muy poca, pues los terrenos son mayormente en pendiente, por lo que las cabras se encuentran mejor adaptadas a estos.

Las Minas tiene un potencial en la producción de quesos de cabra, muy poco explotada. Solo tenemos registro de un señor llamado Esteban García, que en algún momento organizo a un grupo grande de productores para la obtención y procesamiento de leche de cabra, sin embargo, y pese a que continua con su labor, los integrantes son pocos. Esta persona es de la región, pero ha vivido mucho tiempo fuera. Por ahora a logrado colocar los quesos gourmet preparados con la leche de cabra, en mercados de Coatepec y Xalapa. Podría ser un ejemplo de desarrollo para la región y tal vez un posible capacitador para el resto de los integrantes de la comunidad.

→Conclusión

No cuentan con capacitación sobre el cuidado del ganado y falta trabajo en mejorar las razas o buscar el mejor tipo de animales para la zona.

Gobierno e instituciones

Solo en Tatatila mencionaron 3 personas al gobierno como una preocupación. Se refieren a que no hay suficiente apoyo de gobierno porque sólo apoyan a los familiares y a los que votaron por ellos. Ante la pregunta de cuál sería una posible solución uno dijo que no hay solución porque la gente ya está muy dividida, otro que cada quien busque cómo salir adelante y otro que el gobierno investigue las necesidades que hay en las comunidades.

El 69% de los informantes se enteran de una amenaza climática en su zona por medio de la televisión, el 32% a través del radio, el 16% a través de los vecinos, el 6% por protección civil, el 3% por el municipio y el 14% por otros medios,

El 37% de informantes acude a protección civil para saber qué hacer en caso de una emergencia climática, el 19% al municipio, el 17% a sus vecinos, el 17% no recurre a nadie, el 3% a la familia, el 2% no contestó y 1% no sabe. El 10% recurre a otros medios como: las autoridades, la televisión, al agente municipal, a la policía y al jefe de manzana. Un informante comentó que protección civil no funciona bien y otra persona dijo que *la virgen y Dios es la única protección* que tienen.

OBSRVACIÓN PERSONAL: Lo anterior muestra que el gobierno no juega un papel activo en las alertas ni en brindar información. Aunque el municipio y protección civil no juegan un papel muy activo en brindar información sobre eventos hidrometeorológicos, es el más recurrido para brindar información sobre cómo actuar ante estos fenómenos.

En la encuesta el 84% de los informantes contestó que no conocía ninguna organización, el 6% dio alguna respuesta, el 8% no sabe y el 2% no contestó. Las organizaciones que mencionaron fueron SEDESOL (Secretaría de Desarrollo Social) con tres menciones y las siguientes con una mención, SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación), Confederación Nacional Campesina, grupo PESA y Prospera -que es un programa federal de asistencia dirigido a las mujeres a través de la SEDESOL-.

OBSERVACIÓN PERSONAL: Notamos en campo que los pobladores recuerdan más a los individuos que llevan a cabo los proyectos o cursos, no reconocen tanto a la organización a la cual pertenecen. Suelen recordar más el lugar de donde vienen, si una organización tiene un nombre poco común parece aún más difícil que lo recuerden, más bien las personas y su trabajo se convierten en su

referencia más próxima.

GANADERÍA

En cuanto a capacitaciones impartidas solamente hubieron dos respuestas, una fue que el ejército impartió el curso de primeros auxilios, y el curso de cría de pollos y conejos lo dio Grupo PESA (a través de Oportunidades/Prospera). El 20% de los informantes dijeron que lo han podido aplicar regular y el 7% que mucho.

MUJERES

El 74% de las informantes reciben el apoyo de Prospera (antes Oportunidades), el 17% no reciben ningún apoyo, el 10% recibe el 65 y más. Se nota un mayor porcentaje de mujeres en Las Minas que reciben el apoyo del programa Prospera comparado con Tatatila. Al contrario, en Tatatila hay más informantes beneficiarias del programa 65 y más.

El 48% de las informantes mencionaron que sus hijos tienen becas de Oportunidades, el 40% no tiene ningún apoyo, el 10% no aplica y 2% no contestó. Se nota que hay más mujeres en Las Minas cuyos hijos tienen beca Oportunidades comparado con Tatatila.

OBSERVACIÓN PERSONAL: Habría que revisar la edad de las informantes en cada municipio, pues coincide que hay más mujeres en Tatatila beneficiarias del programa 65 y más, es decir que tendrían una edad mayor. Las becas de Oportunidades está dirigidas para niños y jóvenes en edad escolar, por lo que seguramente sus madres son más jóvenes.

En Tatatila los cursos de capacitación los ha brindado el ayuntamiento, un doctor, el programa Prospera y SEDESOL. En Las Minas el CBTA (Centro de

Bachillerato Tecnológico Agropecuario) de Perote, la jurisdicción, el municipio, programa Prospera, SAGARPA, SEDESOL, una persona de otro pueblo.

→Conclusión

El papel del gobierno es pobre en dar información y alertas sobre fenómenos climáticos. El 92% no conoce o no sabe de ninguna organización que trabaje en la zona. No hay capacitaciones suficientes ni adecuadas para las necesidades de la región.

Servicios públicos

Los datos sobre los servicios de salud y educación ya se abordaron en la sección anterior. Acerca de los sistemas de alerta temprana y protección el 54% de los informantes dijeron que no hay algún procedimiento de seguridad ante emergencias climáticas, el 28% dijo que sí hay, el 8% no sabe, el 6% contestó que sí hay pero no funciona y el 4% no contestó.

Al preguntar cuál es ese procedimiento, para el 63% esta pregunta no aplica puesto que la anterior fue respondida negativa o bien no contestaron o no sabían. El 28% dio alguna respuesta y el 9% no contestó. Las respuestas que más se encontraron fueron con 8 informantes que dijeron que protección civil ayuda aunque a veces sí y a veces no y otras 8 personas se refirieron a que se van a algún albergue. Dos personas mencionaron que las escuelas se usan como albergue.

Otras estrategias fueron avisar por radio, organización de los mismos vecinos para refugiarse, coordinarse con el ayuntamiento, desalojo de las casas, evacuar la zona, reuniones vecinales para dar avisos, irse a algún lugar más seguro y tener cuidado. Un informante comentó que en las juntas dicen qué hacer pero se resisten a salir de su casa por temor a que les roben.

OBSERVACIÓN PERSONAL: En general, los procedimientos de seguridad que se mencionaron no parecen organizados sino más bien, improvisados y aprendidos de experiencias anteriores. No se nota alguna preparación, equipamiento o sistematización de algún protocolo de seguridad.
Aunque la escuela se use como albergue, probablemente por ser un espacio grande, público y comunitario, no necesariamente está en el lugar menos vulnerable de la localidad, ni es el más adecuado para este fin.

En Tatatila se enteran más a través de la televisión y en Las Minas más por el radio. En Tatatila también avisan el municipio, protección civil y los vecinos más que en Las Minas.

OBSERVACIÓN PERSONAL: Se nota una participación muy baja del municipio y de protección civil para comunicarse con la población y alertar sobre amenazas climáticas. Esta falta es mayor en Las Minas seguramente por la dispersión de las casas y la mayor dificultad de acceso a las comunidades. Asimismo, se nota que en las zonas de montaña es más difícil tener señal de celular y otros medios de comunicación. Es notable la cantidad de gente que tiene televisión en ambos municipios y cómo se enteran de las amenazas a través de las noticias. Esto implica que haya un conocimiento de los horarios y programación para saber a qué hora pasarán esta información, igualmente sucede con el radio. Hay que observar que la información que se puede obtener por estos medios es usualmente a una escala estatal (e.g. a través de la Radio y Televisión de Veracruz –RTV-). Cabe considerar que en caso de una emergencia donde se pierda la electricidad quedan sin acceso a la televisión, su principal medio para enterarse de una amenaza climática. Asimismo, aquellas personas que no tienen ni televisión ni radio, o bien que trabajan en el campo la mayor parte del día, dependen más de la observación personal o de la comunicación con vecinos o familiares

El 37% de informantes acude a protección civil para saber qué hacer en caso de una emergencia climática, el 19% al municipio, el 17% a sus vecinos, el 17% no recurre a nadie, el 3% a la familia, el 2% no contestó y 1% no sabe. El 10% recurre a otros medios como: las autoridades, la televisión, al agente municipal, a la policía y al jefe de manzana. Un informante comentó que

protección civil no funciona bien y otra persona dijo que *la virgen y Dios es la única protección* que tienen.

→ Conclusión

La mayoría de los encuestados cree que no hay procedimientos de seguridad, o no los sabe, o no funcionan; los ejemplos de procedimientos que dieron parecen más bien improvisados o aprendido de eventos pasados.

Capital humano

Educación

Los resultados del nivel educativo se desarrollan en apartados anteriores, pero es importante hacer mencion de la educación no formal, pues de alguna manera permite obtener capacitación para el desarrollo y diversificación de actividades.

Para el sector de ganaderia el 63% de los informantes no ha recibido cursos de capacitación, el 30% sí ha recibido. Los cursos que han tomado han sido de inyectar animales, primeros auxilios, elaboración de quesos, sembrar pasto, cuidar cabras y criar conejos y pollos. En Las Minas ha habido un mayor número de cursos diferentes en comparación con Tatatila. Cabe recordar que cada 10% de Las Minas es la respuesta de una persona, así que aunque hay más diversidad no quiere decir que todos los pobladores hayan tenido acceso a estos cursos.

Al cuestionar a los informantes acerca de las instituciones o grupos que les han brindado la capacitación solo se encontraron dos respuestas, una que dice que el ejercito les impartió el curso de primeros auxilios y PESA (a través de Oportunidades/Prospera) el curso de cría de pollos y conejos.

En el sector de agricultura, el 76% de los informantes no ha recibido cursos de capacitación, el 26% ha recibido algún curso entre los que se encuentran algunos para mejorar la producción como el manejo de fertilizantes y diversas

técnicas de cultivo, fruticultura; y algunos otros cursos de otra índoles como panadería, cría de pollos y conejos, sastrería y primeros auxilios. Estos cursos se han desarrollado mayormente en Tatatila en comparación con los impartidos en Las Minas. El curso de manejo de fertilizantes lo impartió una asociación platanera, PESA el de cría de pollos y conejos y unos doctores el de primeros auxilios.

En el caso del sector de mujeres el 50% no ha recibo algún curso de capacitación y el 45% si. En Tatatila han recibido los cursos de corte y confección, repostería y panadería, estilista, elaboración de higo (seguramente cristalizado), salud, alfabetización. En Las Minas han recibido cursos de corte y confección, estilista, salud –hervir el agua, quemar basura, auxiliar de medicina- , hortalizas, cría de gallinas y conejos, lácteos, rompope, primeros auxilios, orientación a mujeres, conservas y cursos en internet.

El ayuntamiento de Tatatila ha impartido algunos cursos, asi como un doctor, el programa Prospera y SEDESOL. En Las Minas el CBTA (Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario) de Perote, la jurisdicción, el municipio, programa Prospera, SAGARPA, SEDESOL, una persona de otro pueblo.

OBSERVACIÓN PERSONAL: los esfuerzos de capacitación deben hacerse de acuerdo a las condiciones de la región y a las principales actividades que las personas desarrollan. De acuerdo con informantes mujeres, la capacitación impartida por PESA fue ineficiente, por varios factores entre los que destacan: la cría de conejos no es una actividad desarrollada en la región, y este tipo de carne no es consumida por las comunidades, por lo que el interés de mantenerlos no es mucha. Además los insumos como alimento, principalmente, no se venden en la zona por lo que el costo por mantenerlos incrementa y con ello el desinterés. Las personas que impartieron el curso les vendieron los conejos, pero no regresaron a verificar que la actividad se desarrollara en buenas condiciones, por lo que la mayoría de las personas perdió sus conejos.

De acuerdo con la infromación recabada ha habido muy pocos cursos en la zona, parece ser que depende mucho del trabajo del personal de Fomento

Agropecuario de cada municipio, así como que tan cerca estén de la cabecera municipal. Es evidente que mientras más alejada y aislada esté una comunidad es más complicado llevar cursos o bien lograr que la gente se reúna en algún otro sitio para participar. Asimismo habría que pensar en la posibilidad de los temas de los cursos y la posibilidad de dar continuidad a los resultados de los mismos, o hasta del acceso a insumos o conocimientos. Cabe mencionar que el programa Prospera (antes Oportunidades) tiene un gran alcance en el sector de las mujeres y que se podría aprovechar para dar capacitación. Asimismo, como fue mencionado en el análisis de Los Tuxtlas, también aquí sucede que los informantes recuerdan mejor a las personas que dan los cursos que a las instituciones de donde ellas provienen. Los nombres complicados de instituciones también pueden crear confusión, en el caso del curso de cría de pollos y conejos hubo varias respuestas de informantes que tomaron la capacitación seguramente al mismo tiempo.

Conlcusión

En ganadería el 63% de los informantes no ha recibido cursos de capacitación, en agricultura en 76%, y en las mujeres el 50%. Es importante mencionar que algunas de las capacitaciones no son adecuadas para estas comunidades, se deben planear según las necesidades de la gente y proporcionar un monitoreo para mejorar los resultados.

Población de habla indígena

Equidad de género e inclusión social

El 90% de las informantes sí tiene hijos, el 10% no tiene. El 62% de las informantes comentó que cuando eran niñas sus hijas le ayudaban a los quehaceres del hogar –barrera, guardar cosas, lavar ropa, limpiar, lavar trastes, hacer tortillas, moler maíz, ir al molino, cocinar-, en menores porcentajes mencionaron cuidar a los animales, trabajar, y nada. Un 10% no contestó y 21% no aplica.

El 52% de las mujeres mencionaron que cuando eran pequeños sus hijos ayudaban a las labores de su papá –cuidar animales, campo, llevar pastura,

deshierbar -, el 21% ayudaban a traer leña, el 14% ayudaban a los quehaceres del hogar –barrer, darle de comer a los pollos, encerrar gallinas, lavar ropa, tender cama, hacer mandados, hacer comida-, 7% a trabajar, 12% a nada, 2% con contestó y 21% no aplica.

El 95% de las informantes no saben nadar, el 5% sí saben. El 71% de las informantes reportó que sus hijos no saben nadar, el 7% que sí saben, el 10% unos sí y otros no, el 10% no contestó y 2% no sabe.

El 83% de las informantes no pertenecen a ninguna organización, el 7% mencionó el programa Oportunidades y en menores porcentajes mencionaron una cooperativa, el Banco Compartamos y grupo PESA, el 2% no contestó.

OBSERVACIÓN PERSONAL: Parece que preguntar con la palabra “organización” no queda muy claro para los informantes ya que mencionaron el programa Oportunidades en caso tal vez de tener algún puesto de vocal, el banco Compartamos del cual probablemente son clientas y el grupo PESA que dio alguna capacitación en la región. De esta manera se nota que la sensación de pertenencia a algún grupo no necesariamente corresponde a estar dentro de un grupo organizado y dinámico como nuestra pregunta pretendía.

Las personas que contestaron pertenecer al grupo de Oportunidades e ir a las juntas o ser vocales encuentran que los beneficios son hacer faenas y conservar el apoyo económico que reciben. Relacionado al grupo PESA mencionaron que les dieron pollos y conejos, los cuales alimentar trabajosamente pero que se han muerto por el frío de la zona. La persona que pertenece a una cooperativa se beneficia con las noticias y capacitación que obtiene de la misma.

Solamente hubieron dos respuestas a esta pregunta, de la beneficiaria del grupo PESA quién menciona que *se apuntan pero no saben cuándo llegará el apoyo.* En cuanto a la cooperativa se mencionó falta de organización y falta de fondos para que funcione.

OBSERVACIÓN PERSONAL: He notado que los participantes usualmente aceptan querer pertenecer a alguna organización sin saber muy bien cuáles serán las obligaciones o consecuencias o siquiera quién lo propone y por qué. Hay una gran cultura de “anotarse” para recibir lo que sea y eso ha hecho que haya muchos abusos y programas que no funcionan.

El problema diario que más se menciono fue Maltrato con ocho informantes dando como causa “al machismo, la costumbre, educación de chicos, el que los patrones no valoren el trabajo de a mujer y no pagan extra, no reconocer las capacidades de la mujer, y poca autoestima”; como posible solución propusieron “asistir a pláticas de pareja, ninguna porque escogió tener obligación (casarse), separarse, que el señor de uno gane más (e.g. ahora gana $500 por semana), intento poner un negocio pero su esposo se enojó, empoderamiento de la mujer, independencia económica, y capacitación para laborar”.

Con 4 menciones Labores domesticas, mucho trabajo y la causa “el esposo trabaja y ella tiene que hacer todo, el niño no quiere comer lo mismo todos los días”.

Con 2 menciones se dijo Ser madre soltera y trabajar y luchar por sus hijos, como causa dijeron “ser madre y trabajar, etiquetas a las madres solteras”, dando como posible solución “más empleo, encontrar una buena pareja que no los maltrate, trabajar más con mujeres”.

También con 2 menciones dijeron Problemas en el pueblo, dando como causa “incompatibilidad en el trabajo, prejuicios”; y como posible solución “incompatibilidad en el trabajo, prejuicios”.

Finalmente con 1 mención Quiere dejarle una herencia a su hijo, y como posible solución “hacer su casa, ahorrar”.

El 50% de las informantes no han recibido algún curso de capacitación, el 45% sí ha recibido y el 5% no contestó. Hay más informantes de Las Minas que han recibido capacitación en comparación con las de Tatatila.

En Tatatila han recibido los cursos de corte y confección, repostería y panadería, estilista, elaboración de higo (seguramente cristalizado), salud, alfabetización. Los cursos en Tatatila los ha brindado el ayuntamiento, un doctor, el programa Prospera y SEDESOL. En Las Minas han recibido cursos de corte y confección, estilista, salud –hervir el agua, quemar basura, auxiliar de medicina- , hortalizas, cría de gallinas y conejos, lácteos, rompope, primeros auxilios, orientación a mujeres, conservas y cursos en internet. Brindados por el CBTA (Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario) de Perote, la jurisdicción, el municipio, programa Prospera, SAGARPA, SEDESOL, una persona de otro pueblo.

El 17% han podido aplicar mucho lo que les enseñaron en las capacitaciones, 26% regular, 2% nada, 5% no contestó y 50% de las informantes no aplican a esta pregunta.

Algunos comentarios hechos por las informantes fueron que el curso de elaboración de quesos dado por un señor vecino de otro pueblo fue demasiado corto y además necesitan practicar más. Después del curso de cría de pollo de la SAGARPA tendrían que saber qué hacer en caso de que los animales se enfermen. El curso de auxiliar de medicina ha sido muy útil.

De las practicas de genraciones anteriores rescatarían hacer tortillas, mole, panela y queso, sembrar flores de muerto, los valores, usar remedios naturales, tener ganado, trabajar el campo, sembrar más, ser más orgánicos, tener buenos hábitos alimenticios y sembrar café

→Conclusión

Las mujeres continúan enfrentándose a barreras económicas y sociales: El 50% de las informantes no ha recibido ningún curso de capacitación, el 83% no pertenece a ninguna organización; el 95% no sabe nadar, y el problema que más se mencionó fue el maltrato.

Capital social y redes sociales

Relativo a la pertenencia a algún tipo de organización:

En el sector de agricultura el 93% de los informantes no pertenece a ninguna organización relacionada con la agricultura. El 5% mencionó a PROCAMPO, que es un programa de subsidio federal más que una organización y sólo una persona de Las Minas dijo pertenecer a un ejido.

OBSERVACIÓN PERSONAL: Cabe mencionar que la tenencia de la tierra no es ejidal y que no hay ningún tipo de cooperativas ni otras maneras de organización en la región, lo cual puede ser signo de una mayor vulnerabilidad de la población y también de un campo de trabajo interesante pues ya que no existen grupos organizados disfuncionales se puede comenzar

En el sector de ganadería el 80% de los informantes no pertenecen a ninguna organización, 10% pertenece a la asociación ganadera, sólo una persona a la asociación de caprinocultores y una persona dijo al programa 70 y más.

En el sector de las mujeres el 83% de las informantes no pertenecen a ninguna organización, el 7% mencionó el programa Oportunidades y en menores porcentajes mencionaron una cooperativa, el Banco Compartamos y grupo PESA, el 2% no contestó.

OBSERVACIÓN PERSONAL: Parece que preguntar con la palabra “organización” no queda muy claro para los informantes ya que mencionaron el programa Oportunidades en caso tal vez de tener algún puesto de vocal, el banco Compartamos del cual probablemente son clientas y el grupo PESA que dio alguna capacitación en la región. De esta manera se nota que la sensación de pertenencia a algún grupo no necesariamente corresponde a estar dentro de un grupo organizado y dinámico como nuestra pregunta pretendía.

Las personas que contestaron pertenecer al grupo de Oportunidades e ir a las juntas o ser vocales encuentran que los beneficios son hacer faenas y conservar el apoyo económico que reciben. Relacionado al grupo PESA mencionaron que les dieron pollos y conejos, los cuales alimentar trabajosamente pero que se han muerto por el frío de la zona. La persona que pertenece a una cooperativa se beneficia con las noticias y capacitación que obtiene de la misma.

Para saber los problemas de las organizaciones solamente hubieron dos respuestas a esta pregunta, de la beneficiaria del grupo PESA quién menciona que *se apuntan pero no saben cuándo llegará el apoyo.* En cuanto a la cooperativa se mencionó falta de organización y falta de fondos para que funcione.

OBSERVACIÓN PERSONAL: Notamos que los participantes usualmente aceptan querer pertenecer a alguna organización sin saber muy bien cuáles serán las obligaciones o consecuencias o siquiera quién lo propone y por qué. Hay una gran cultura de “anotarse” para recibir lo que sea y eso ha hecho que haya muchos abusos y programas que no funcionan.

El 84% de los informantes contestó que no conocía ninguna organización, el 6% dio alguna respuesta, el 8% no sabe y el 2% no contestó. Las organizaciones que mencionaron fueron SEDESOL (Secretaría de Desarrollo Social) con tres menciones y las siguientes con una mención, SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación),

Confederación Nacional Campesina, grupo PESA y Prospera -que es un programa federal de asistencia dirigido a las mujeres a través de la SEDESOL-. Comparado con Tatatila, en Las Minas hubo un mayor porcentaje de personas que no conocen organización alguna.

OBSERVACIÓN PERSONAL: Notamos en campo que los pobladores recuerdan más a los individuos que llevan a cabo los proyectos o cursos, no reconocen tanto a la organización a la cual apoyo poco común parece aún más difícil que lo recuerden, más bien las personas y su trabajo se convierten en su referencia más próxima.

Para conocer a qué se dedican estas organizaciones el 93% de los informantes esta pregunta no aplicaba, el 7% de los informantes contestó la pregunta; de ellos la mitad dijo que se dedican a ayudar y la otra mitad comentó que traen programas de crianza de animales como pollos y conejos, les capacita para hacer hortalizas, desarrollo social y buscar empleos.

Se nota que en la región hay una gran ausencia de formas de organización de las comunidades, sin embargo, el 70% de los informantes consideran que sí hay apoyo entre vecinos de la comunidad, el 28% dice que no, el 3% no contestó.

OBSERVACIÓN PERSONAL: El apoyo entre vecinos constituye entonces una de las mayores fuerzas de cohesión civil de la zona y puede deberse a una estrategia dado el aislamiento de las comunidades, la exposición constante a riesgos que se presentan por el tipo de terrenos en fuertes pendientes donde viven, la pobreza económica y la gran falta de servicios públicos como transporte y acceso a servicios médicos.

→Conclusión

La falta de organizaciones representa una de las mayores vulnerabilidades, según los resultados de las encuestas en el sector de agricultura el 93% de los informantes no pertenece a ninguna, mientras que en el sector de la ganadería es

el 80%, y en el caso de las mujeres el porcentaje es de 83%. Incluso el 84% contesto que no conocía ninguna organización. Hay que destacar que el 70% de los informantes dice que sí hay apoyo entre vecinos

Capital natural

Estado de los recursos naturales (agua, suelo, vegetación)

Agua

Respecto al nivel de las fuentes de agua en los últimos años el 63% de los informantes dice que sigue igual, el 31% dice que ha disminuido, el 10% que cambia por temporadas (baja en secas y aumenta en lluvias), el 2% que ha aumentado y el 1% no contestó.

El 86% de los informantes hallan que la calidad de agua no ha cambiado. En porcentajes menores que el agua está muy revuelta, que se contaminó, que ha mejorado. El 5% que dijo que el agua llega sucia se refirió a que tiene gusanos o jabón. El 1% no contestó.

El problema de que llega el agua sucia sólo ocurre en Tatatila. Un informante de Las Minas se dio cuenta que después de un deslave se ablandó la tierra y los tanques de agua se llenaron de *arena con pequeñas partículas como vidriecitos*, afectando las llaves y las tuberías.

La agricultura y el agua

Este sector tienen una fuerte dependencia con el recurso hídrico para el desarrollo de sus cosechas, sobre todo en estos municipios donde el 74% tiene cultivos de temporal y el resto obtiene el agua de pozos, manantiales, nacimientos, arroyos, ríos o estanques.

En Tatatila dependen más de pozo, entubada y nacimientos, mientras que en Las Minas sacan también de arroyo, río y tanque.

Uno de los problemas que los productores perciben son las lluvias excesivas, que usualmnete tumban los cultivos agrian el suelo porque se descompone la hoja. Otro problema detectado es la contaminación de los cuerpos de agua pues llega el agua contaminada por el abono que colocan en partes más altas, por jabones y deterjentes e incluso han mencionado la presencia de lluvia acida.

La ganadería y el agua

El 37% de los informantes obtiene el agua para su ganado de la red entubada de agua, el 20% de nacimiento, el 17% de manantial, el 13% de arroyo, el 10% de pozo, el 7% de río. En Tatatila utilizan más el agua entubada y de nacimiento, en Las Minas principalmente de manantial y arroyo.

Solo un informante mencionó que la falta de agua trae consigo el problema de que las crías se desarrollen en buena medida.

Las mujeres y el agua

Saber nadar es uno de los criterios para ver la vulnerabilidad ante los eventos climáticos de inundaciones y crecientes. El 71% de las informantes reportó que sus hijos no saben nadar, el 7% que sí saben, el 10% unos sí y otros no, el 10% no contestó y 2% no sabe. Hubo más informantes de Las Minas cuyos hijos sí saben nadar, comparado con Tatatila.

Suelo

AGRICULTURA

De los informantes que comentaron porqué la producción ha disminuido: lo atribuyen principalmente al desgaste de la tierra –pérdida de fertilidad del suelo- y a las variaciones del clima. En Tatatila también se refirieron a los deslaves, en Las Minas a las plagas, caída de la flor, falta de cuidado al cultivar, falta de recursos y falta de agua.

El 43% de los informantes de Las Minas no aplica ningún líquido -agroquímico-, en Tatatila el 33% tampoco. Los informantes mencionaron nombres generales como fumigante, veneno, herbicida, fungicida, líquido, polvo foliar, cal y nombre desconocido. De los compuestos químicos o marcas se nota que cada sitio mencionó distintos nombres, para Tatatila dijeron cipermentina, Bayfolan,

citrolina, glifosatos, Foley, Rondo y Faena; para Las Minas reportaron Faena, Esterán 147, hierbamina, Tordón 101, Dragón 101, Furadán y Glixán.

OBSERVACIÓN PERSONAL: Es interesante ver que en cada sitio los agroquímicos son distintos. Dadas las condiciones de aislamiento de cada sitio, seguramente aplican aquello que les llegan a vender o que les llevan, incluso programas gubernamentales. En mi opinión el uso de agroquímicos y la elección de cuál utilizar es una influencia casi siempre externa, por asesorías y que probablemente va acompañada de intereses de consumo y venta específicos, que no necesariamente responden a las necesidades de los productores, a su capacidad de compra y menos a la conservación del ambiente en el largo plazo.

El 83% de los informantes dijeron que no hacen la práctica de quema de los terrenos, el 14% sí la hace y el 2% no contestó.

El 76% de los informantes enriquece el suelo de su terreno aplicando abono orgánico – de plantas como maleza, caña y maíz, y de animales como excremento de galllinas, cabras, vacas y borregos-. El 17% mencionó abonos inorgánicos como urea y sulfato, así como otros abonos químicos (sin determinar el nombre). El 10% mencionó abono en general pero no especificó de qué tipo. En porcentajes menores reportaron el uso de terrazas para evitar erosión del terreno, dejar descansar la tierra y un informante que no hace nada.

Un informante habló de *engrosar la tierra dejando la basura pesada* –restos de la cosecha, por ejemplo tallos (caña o tazole) de maíz- *en las laderas para proteger el suelo.* Otras personas comentaron que *pican la maleza o el tazole y lo dejan podrir en el mismo sitio.*

OBSERVACIÓN PERSONAL: Es importante conocer los términos coloquiales locales para tener un mejor entendimiento entre el informante y los investigadores. En este caso los restos animales o vegetales que se usan como abono se conocen como *basura*, de esta manera, con esta acepción "*dejar la*

basura en el terreno” es benéfico

.

La mitad de los informantes dejan descansar la tierra y que se forme matorral y la otra mitad no la deja. Hubo resultados contrarios entre municipios, mostrando que la mayor parte de los informantes que sí dejan descansar la tierra son de Las Minas y de los que no dejan son de Tatatila.

A la pregunta sobre el mayor problema de su parcela 4 mencionaron “derrumbes” ya que mueve el cultivo y por las lluvias; y como posible solución dijeron “hacer tinas de retención en el suelo y poner escalones”. Cuatro respondieron que les preocupa la “tierra poco fértil” debido a los fumigantes químicos; y como posible solución dijeron “abonar con fertilizantes, que se quede la –basura- (restos de cosecha) en el terreno, abono químico o de chiva”. Finalmente 2 respondieron que les preocupa “el terreno con mucha pendiente” y que debían hacer terrazas planas y sembrar árboles.

De las practicas de genraciones anteriores rescatarían (24%) creen que se debería volver a utilizar de la gente de antes es usar abono orgánico. Otras prácticas que mencionaron fueron sembrar más, cuidar más los terrenos, utilizar machete o azadón para quitar la maleza, hacer zanjas en los terrenos y enterrar la *basura* (materia orgánica, restos de cosecha) para abonar, cuidar el bosque, cuidar el suelo, picar caña para abonar el terreno, fijarse en el tiempo (clima),

GANADERÍA

El 73% de los informantes no hace la práctica de quema en sus terrenos, el 13% sí la hace y el 13% no contestó.

Una persona respondio que el problema con su terreno es que “se cae el ganado” debido al terreno con fuerte pendiente; y como posible solución propuso “tener establos”

De las practicas de genraciones anteriores rescatarían usar estiércol de ganado como abono orgánico

Concluisión

Los problemas más mencionados son: el 74 % tiene cultivos de temporal, la contaminación de los cuerpos de agua, el desgaste de la tierra, deslaves, tierra poco fértil. La mitad de los informantes deja descansar la tierra y que se forme matorral.

Vegetación y fauna

Aunque el criterio era la vegetación, se añadió la fauna para tener una visión más completa de la biodiversidad.

La pregunta que da más luz acerca de este punto es donde preguntamos acerca de la aparición o desaparición de especies de plantas o animales.

El 73% de los informantes no ha notado que haya alguna planta, árbol o animal nuevo en la zona, el 24% sí ha notado, el 2% no sabe y el 2% no contestó. Sólo el 17% de los informantes respondieron por qué, 1% no sabe y 6% no contestó, para el 76% la pregunta no aplicó porque desde el inicio dijeron que no habían visto alguna especie nueva en la zona, no contestó o no sabía. Para Las Minas se mencionaron 13 especies que antes no había –ocho plantas y cinco animales-, para Tatatila 10 especies -ocho plantas y dos animales-. En Las Minas sobre sale el café, cuatro informantes lo atribuyen a que hace menos frío y uno a que han desarrollado nuevas variedades adaptadas a la zona. El aguacate de injerto también tuvo varias menciones y un informante explica que lo trajo de fuera un señor con mucho terreno para sembrar. Los pájaros en general y los pepes en

particular, han llegado según un informante por los cambios en el clima y según otro informante porque ya no hay que comer en tierra caliente. Los pollos de granja han llegado a través de algún veterinario que los vende y del programa Oportunidades. La col y el cilantro se ven más según un informante porque la tierra ha cambiado y porque los riega. El informante de mayor edad de Las Minas comentó que los pepes eran de tierras más calientes y que ahora los pueden ver en su zona más fría, contó que *los antiguos* decían que llegaría un momento en que lo que había abajo (animales, planta y clima) iba a estar arriba y lo de arriba para abajo, lo cual les parecía una tragedia.

Para Tatatila sobresale el limón, un informante comentó que lo trajeron para sembrar y dos piensan que la tierra ha cambiado y ahora ya también se puede dar igual que en tierra caliente. El higo ha tenido más salida en el mercado según un informante.

OBSERVACIÓN PERSONAL: Es interesante que cuando llega un cultivo nuevo a un lugar, los pobladores lo van reconociendo y adoptando en sus propios términos: el aguacate de injerto, seguramente variedad Hass, fue descrito como “aguacate jax” y como “aguacate de mucha carnecita”. Asimismo muchas plantas llegan por experimentos de alguien que sale de la comunidad o por programas de ayuda que promueven alguna especie con fines productivos.

El 55% sí ha notado que desaparezca algún tipo de planta, árbol o animal en la zona, el 42% no ha notado, el 3% no sabe y el 1% no contestó. El 39% de los informantes explicó por qué han desaparecido las especies, 2% no sabe y 13% no contestó, para el 46% la pregunta no aplicó porque desde el inicio dijeron que no habían notado que haya desaparecido alguna especie en la zona o no contestó o no sabía. En Las Minas se reportaron 14 especies de plantas o árboles que han desaparecido, en Tatatila 15 especies –incluyendo a los hongos aunque no son vegetales-. También mencionaron los árboles y las huertas en general. En ambos municipios predomina la pérdida de la ciruela y la atribuyen a varios factores. Para

Las Minas dos personas dijeron que por las plagas, dos a que las plantas se han deteriorado, dos a que no hay mercado y otra a que ya no la quieren sembrar. Para Tatatila tres informantes dijeron que se debe a las plagas, cuatro a que ya nadie la quiere sembrar y la falta de atención de los agricultores, tres lo achacan al clima, dos a que no hay mercado o se han derrumbado los precios, una a que las plantas se secan y ya no producen y otro informante a que traen mejor fruta de Las Vigas. Sobre la manzana, la pera y el durazno se ve una problemática similar a la de la ciruela. Adicionalmente se comenta que el durazno ya no crece y la pera florea pero no se da el fruto. Un informante mencionó que antes había otras variedades de manzana que ya no hay. Una persona informó que hay menos huertas porque no hay buena venta de frutas, tumban los árboles y se incrementó la siembra del higo. Otra persona dijo que los árboles se perdieron con la tala. Respecto al encino un informante dijo que se acabó por tanta tala y otro por exceso de lluvias y derrumbes. El chile bolo y el chile cera se acabaron por plagas según dos informantes. Dos personas encontraron que el epazote se acabó por cenizas de un volcán. La pérdida de hongos no se sabe por qué sucedió.

Se reportaron 16 especies de animales que han desaparecido en Tatatila y 21 en Las Minas. En ambos municipios coincide la pérdida de zorras y ardillas, aunque para todos los animales diez informantes la atribuyen a la cacería, tres a que hay menos vegetación, uno a la urbanización, uno a la afectación humana al nicho ecológico y a la falta de alimento para los animales de monte. Sobresale la pérdida de aves y de felinos como gato montés, chinaute y chaltigre (aunque no se sabe si es el mismo animal o tres distintos).

OBSERVACIÓN PERSONAL: Había perros de cacería en muchas casas, lo que implica que aunque no se haya mencionado abiertamente seguramente la cacería aún se practica entre pobladores.

La flora y fauna también pueden ser indicadores de cambios en el clima. El 52% de los informantes no han notado algún cambio en las fechas de floración y fructificación de cultivos u otras plantas y árboles, el 40% si ha notado, el 5% no sabe y el 3% no contestó. Comparando con Las Minas, en Tatatila hay un porcentaje de casi el doble de informantes que sí han notado cambios en la fecha de floración o fructificación. El 39% que contestó haber notado un cambio refirió: la ciruela y el durazno son los árboles que más informantes mencionaron. Para la ciruela notaron cambios en la fecha de floración – tanto adelantada como atrasada-, que ya no florea tanto y que ha cambiado la floración por el frío. Un informante dijo que si hay calor se adelanta la floración y si hay frío se atrasa. Para el durazno dijeron que ha dejado de producir por el frío, hay más fruta chahuiztlada (fruta en mal estado) y cambios en la época de floración –adelantada y atrasada-. Los árboles que florean en diferente época son llamados “ventureros”. Para la pera informaron que cambia de fecha de cultivo, que ya no da, que tiene más pecas, que tiene menos sabor y que ya no florea tanto. La manzana, el higo, el frijol, el maíz, las orquídeas, el café y la nochebuena presentan cambios en la fecha de floración y fructificación. La rama tinaja florea más seguido, la naranja se cae, el aguacate se da más tarde o cada dos años, las tuberosas sólo florean si se pone abono, el chayote no se sabe cuándo va a dar y las flores no florean por el frío. Como comentarios generales dijeron que las lluvias ácidas queman y retrasan la floración de los cultivos, que ha variado el clima y que las siembras cambian por los huracanes y afectan a los campesinos.

Respecto a la fauna, el 58% no ha notado que algún animal cambie de conducta en migración, temporada, etc., el 25% sí ha notado, el 9% no contestó y el 8% no sabe.

El 26% de informantes que han notado un cambio mencionaron 11 tipos de aves: aves migratorias, chupamirtos, clarines, garzas, gavilanes, gaviotas, golondrinas, jilgueros, patos, tordos y zopilotes.

Los comentarios sobre las aves fueron que ya no pasan más o bien que ya no se ven; en el caso de gavilanes, patos y gaviotas hablaron sobre que antes venían cuando había nortes fuertes pero ya no. En cuanto a los tordos, dijeron que ya hay menos pero también otra persona informó que ya se ven más. Una persona ha notado que las ardillas y los conejos ahora son más pequeños y que los conejos ahora salen después. El mapache ahora come chilacayotes y la chinauta las gallinas, cuando antes no ocurría; así también han notado que la zorra ha cambiado sus hábitos y ahora sale de día. En general para los animales se han fijado que ya no paran por agua y que han enflacado.

→Conclusión

Los efectos del cambio climático no solo pueden observarse en las condiciones como lluvias o temperaturas, también en los cambios de floración, fructificación o incluso conductuales de los recursos naturales. Estos cambios los han registrado las personas en su menoría, es vital retomar este conocimiento, pues daría la pauta para un análisis con un enfoque desde el punto de vista de la fauna y la vegetación.

OBSERVACIÓN PERSONAL: Si bien los efectos de los cambios de clima (cambios en fructificación y floración) han hecho modificaciones en la flora y fauna local, también hay una fuerte influencia de las prácticas de manejo como la aplicación intensiva de agroquímicos o la pérdida de fertilidad de la tierra por erosión; así como fuerzas socioeconómicas como el mercado de los cultivos, el gusto por las variedades y los hábitos de alimentación.

Vulnerabilidad

Se hicieron las siguientes categorías de problemas para facilitar el análisis de datos.

Problema	**Incluye**
clima	fuertes lluvias, sequías, eventos extremos de clima

conflictos sociales	falta de organización, agresividad de los pobladores
economía	desempleo, actividades productivas, falta de mercados
educación	acceso insuficiente a escuelas, acceso insuficiente a capacitación
gobierno	corrupción, falta de apoyos, falta de atención gubernamental, legislación
infraestructura	caminos, servicios como agua entubada, electricidad y drenaje
medio ambiente	menos recursos naturales, contaminación, deforestación
salud	acceso insuficiente a clínicas, acceso insuficiente a medicamentos, alcoholismo
seguridad	inseguridad, robo, abigeato, falta de vigilancia, narcotráfico

A continuación se presentan cuadros con las propuestas de estrategias para disminuir la vulnerabilidad de la población. Se diferencian con color amarillo las propuestas de los informantes, en color rosa las prácticas de los abuelos o personas mayores que aplican al problema en particular, en color verde las propuestas que derivan de los problemas identificados por los informantes y que sin embargo no determinaron una solución e.g. problema de la falta de mercados – la propuesta es encontrar nuevos mercados, en color azul están las propuestas emitidas por el equipo de investigación. También se agregaron las Cuadros con propuestas de los informantes pero que parecen insostenibles o inviables.

Economía Problema: No hay empleo

Propuestas de los informantes **Prácticas de los abuelos** **Propuestas derivadas de los problemas** **Propuestas investigadores**

General	Agricultura	Ganadería	Mujeres
Creacion de talleres para el desarrollo economico de las mujeres	Vale la pena indagar en otras técnicas de mejoramiento de suelos como el uso de abonos verdes, el uso de terrazas, la posibilidad de usar riego, alternar cultivos, uso de plantas trampa para disminuir las plagas, entre otros. Asimismo, mostrar la importancia de mantener las semillas.	Formación de un grupo de productores de leche de cabra para su procesado y venta en otras localidades	Que se establezcan maquilas para que trabajen las mujeres
Diversificación y creacion de empleos	Apoyo entre los agricultores para poder emplear al vecino en la siembra		Es necesario buscar la fuente de la idea de que las maquilas ayudarian del todo a las mujeres en la zona.
Creacion de una fabrica marmolera donde los hombres puedan trabajar, sin tener que salir a otras regiones a trabajar			Trabajar junto con el esposo para sacar más en la cosecha

Propuestas de los informantes probablemente insostenibles o inviables

General	Agricultura	Ganadería	Mujeres
Que el gobierno del estado y federal apoyen	Que el gobierno de apoyos al campo en las semillas y el abono		Que les dan más en prospera
Presencia de maquiladoras			

Que se cambie el presidente			

Economía Problema: Comercialización, costos, ventas bajas

Propuestas de los informantes **Prácticas de los abuelos** **Propuestas derivadas de los problemas** **Propuestas investigadores**

General	Agricultura	Ganadería	Mujeres
Organizar a las comunidades para que puedan comercializar sus productos respetando precios o aumentando sus puntos de distribución	Diversificar los cultivos	Mejorar la raza del ganado	
Creditos, prestamos para la comercializacion de los productos	Desarrollo de invernaderos para cultivar otras cosas y poder venderlas	Disminuir el numero de cabezas por terreno y rotarlas para la pastura	
Regular y respetar los costos del productor		Se unieron un grupo de productores de leche de cabra y se vende en quesos gourmet, en mercados de Coatepec	

Gobierno Problema: Falta de atención gubernamental, falta de apoyos, corrupción, legislación

Propuestas de los informantes **Prácticas de los abuelos** **Propuestas derivadas de los problemas** **Propuestas investigadores**

General	Agricultura	Ganadería	Mujeres
Organizar a las comunidades para que puedan hacer demandas colectivas al gobierno.			Que se den más becas para estudiar

Propuestas de los informantes probablemente insostenibles o inviables

General	Agricultura	Ganadería	Mujeres
Que el gobierno cambie y mejore la policia			

Infraestructura Problema: Camino en mal estado, falta de agua potable, falta de alumbrado, falta de drenaje, cobro excesivo de servicios

Propuestas de los informantes **Prácticas de los abuelos** **Propuestas derivadas de los problemas** **Propuestas investigadores**

General	Agricultura	Ganadería	Mujeres
Que se pavimente el camino y se incluya una ruta de transporte publico para la comunidad	Aplicación de riego a través de mangueras		Traer agua a las casa a través de mangueras
Mejorar el servicio de limpia y tratamiento de la basura. Promover la separación de la basura y la reutilización			
mejorar los medios de comunicación para enterarse de amenazas de clima como radios portátiles			

Valdría la pena usar los canales de comunicación más comunes en cada región, como las bocinas o como el informe directo a los agente municipales, quienes deberían estar mejor capacitados y equipados. El fortalecimiento de estas autoridades locales, del municipio y de protección civil es fundamental para atender las emergencias de clima, así como recuperar los saberes locales de meteorología por observación personal y la consulta de otros medios como el internet donde haya acceso (e.g. en la cabecera municipal de Las Minas hay acceso a internet gracias a una atena que tiene una de las informantes clave en su casa).			

Seguridad Problema: Inseguridad, robo de ganado

Propuestas de los informantes **Prácticas de los abuelos** **Propuestas derivadas de los problemas** **Propuestas investigadores**

General	Agricultura	Ganadería	Mujeres
Que en la zona de Cruz Blanca colocaran un modulo de seguridad publica, e incrementarán el numero de guardias	Ir a cuidar el terreno todos los días, para cuidar la cosecha de los robos	Hacer un corral para mantener al gando en la noche y asi tenerlo vigilado	No salir solas de noche
		Contratar a un cuidador de ganado	

Salud Problema: Acceso insuficiente a servicios médicos de buena calidad

Propuestas de los informantes **Prácticas de los abuelos** **Propuestas derivadas de los problemas** **Propuestas investigadores**

General	Agricultura	Ganadería	Mujeres
Que se establezca una clínica con servicio las 24 horas y un doctor de planta			Tener buenos hábitos alimenticios
Contar con una buena educación en cuanto a la alimentación			Construcción de una clínica con medicamentos y doctores todo el tiempo
Contratar a una persona que tenga coche para que los lleve en caso de una emergencia			Contar con un doctor dedicado a las enfermedades de las mujeres

Propuestas de los informantes probablemente insostenibles o inviables

General	Agricultura	Ganadería	Mujeres
Que les regalen los medicamentos			

Clima Problema: eventos extremos de clima, cambios de clima

Propuestas de los informantes **Prácticas de los abuelos** **Propuestas derivadas de los problemas** **Propuestas investigadores**

General	Agricultura	Ganadería	Mujeres

Platicas acerca de los procesos y medidas de prevención que se deben llevar a cabo cuando ocurran eventos extremos, como lluvias intensas	Platicas y capacitaciones para gente más preparada en el manejo de sus tierras	Aplicar vacunas en epoca de frio para prevenir que se enferme el gando	Siempre tener leña en casa para evitar los fríos y no enfermarse
Rescatar conocimiento y observaciones de los cambios en flora y fauna derivados del clima para usar especies indicadoras		Tener un establo para proteger al gando de la intemperie	Que la casa cuente con loza para protegerse de las lluvias
Dar una mayor apreciación a las observaciones personales sobre el clima			
Que la policia este más preparada para aplicar la ley cuando las personas estan deforestando el campo			
Sembrar árboles para mantener el agua			

Propuestas de los informantes probablemente insostenibles o inviables

General	Agricultura	Ganadería	Mujeres
Irse a vivir a otro lado			

Medio ambiente Problema: más contaminación

Propuestas de los informantes **Prácticas de los abuelos** **Propuestas derivadas de los problemas** **Propuestas investigadores**

General	Agricultura	Ganadería	Mujeres
Platicas de concientización y que la gente ame su tierra	Se limpia el terreno de la basura que trae el viento		Separa la basura y enterrar lo que se puede enterrar
Repartir volantes con información de lo que no se debe hacer	Menos aplicación de abonos quimicos		No quemar los plásticos
Se debe hacer una fuerte campaña para evitar la quema constante de la basura e informar acerca de las cosas que pueden servir de abono a la tierra			

Medio ambiente Problema: pérdida de fertilidad del suelo

Propuestas de los informantes **Prácticas de los abuelos** **Propuestas derivadas de los problemas** **Propuestas investigadores**

General	Agricultura	Ganadería	Mujeres
Aplicar buenas técnicas de manejo	Engrosar la tierra dejando la basura pesada –restos de la cosecha, en las laderas para proteger el suelo.	Aplicar el abono del ganado para que crezca el pasto	Enterrar la basura de las platas y frutas
Plantar más de lo que se corta para mantener la vegetación			
Diversificación de cultivos, para ayudar a la produccón y recuperación de los suelos			

Propuestas de los informantes probablemente insostenibles o inviables

General	Agricultura	Ganadería	Mujeres
	Usar más fertilizante químico		

Medio ambiente Problema: tala de árboles

Propuestas de los informantes **Prácticas de los abuelos** **Propuestas derivadas de los problemas** **Propuestas investigadores**

General	Agricultura	Ganadería	Mujeres
Que las autoridades visiten los ranchos y castiguen a los que deforestan	Sembrar más arboles en el terreno		
Que se siembre más de lo que se tumba			

Medio ambiente Problema: plagas, enfermedades

Propuestas de los informantes **Prácticas de los abuelos** **Propuestas derivadas de los problemas** **Propuestas investigadores**

General	Agricultura	Ganadería	Mujeres
Fumigar para eliminarlas	Fumigar y aplicar liquidos	Vacunar al ganado y desparasitarlo, además hacer que tomen suficiente agua para evitar las enfermedades	
		Que se alimente bien al gando para que no se enferme	
Es necesario mantener informada a la población de las enfermedades que se dan en la zona y su correcto tratamiento,			

incluso de los remedios que a nivel casero pueden ayudar, sin la necesidad de gastar en los medicamentos			

Medio ambiente Problema: Deslaves

Propuestas de los informantes **Prácticas de los abuelos** **Propuestas derivadas de los problemas** **Propuestas investigadores**

General	Agricultura	Ganadería	Mujeres
Que se establezca un buen albergue equipado con carro y radio para poder ayudar a la gente	Se hacen terrazas planas para evitar el deslave de la cosecha		Mantenerse informada para poder ayudar a la familia
Mantener a toda la población bien informada de los fenomenos naturales	Además de las terrazas, la tierra deberia ser reforzada con linderos arbolados para evitar la perdida de tierra		
Hacer muros de contención	Se colocan tinas de retención del suelo		
Capacitación adecuada de protección civil y de la población en general para los procesos de rescate o prevención			

Propuestas de los informantes probablemente insostenibles o inviables

General	Agricultura	Ganadería	Mujeres
Comprar otro terreno			
Cambiarse de casa			

Educación Problema: acceso limitado a servicios de educación de buena calidad

Propuestas de los informantes **Prácticas de los abuelos** **Propuestas derivadas de los problemas** **Propuestas investigadores**

General	Agricultura	Ganadería	Mujeres
Que se desarrollen más escuelas en el área, para que los hijos no tengan que ir muy lejos			Que las escuelas den mas becas para que puedan seguir estudiando
Se deberia contar con maestros de planta en las escuelas. Y dabido a la distancia entre las localidades, es necesario contar con un servicio de comedor gratuito o formado por las madres para apoyar a los estudiantes			

Conflictos sociales Problema: no se tiene acceso a trabajo para mujeres, machismo

Propuestas de los informantes **Prácticas de los abuelos** **Propuestas derivadas de los problemas** **Propuestas investigadores**

General	Agricultura	Ganadería	Mujeres
Que se desarrollen empresas en el área para que las mujeres puedan trabajar	Enseñar a las hijas a sembrar, para que tengan de donde apoyarse cuando no este su marido		Desarrollo de platícas para parejas
Orientación y pláticas con las mujeres en las cuales se les empodere y conozcan sus opciones ante el maltrato			Cursos de empleo temporal
			Desarrollo de empresas como maquilas para el trabajo de las mujeres

			Explicarles que pueden vivir solas, separarse si las maltratan
			Platicas de autoestima

Conflictos sociales Problema: falta de organización

Propuestas de los informantes **Prácticas de los abuelos** **Propuestas derivadas de los problemas** **Propuestas investigadores**

General	**Agricultura**	**Ganadería**	**Mujeres**
Platicas que ayuden a recuperar los valores y confianza, para hacer que el pueblo se una	Platicas para que se agrupen los que siembran y poder apoyarse para el comercio de lo que sale de Las Minas	Desarrollo de grupos produtores y comercializadores de carne y leche de cabra	Que les den platicas para hacer que las mujeres se empoderen capacitandolas para labores
Valdría la pena reproducir el ejemplo de los productores de queso de cabra que lo comercializan en Coatepec y tratar de hacer un mercado más amplio.			Platicas de autoestima

IV.2. Informe metodológico: talleres de cambio climático en comunidades

IV.2.1. Introducción

A continuación presentamos la sistematización de la experiencia de abordaje del Proyecto en la segunda región. Esta región está conformada por los municipios de Tatatila y Las Minas, Ver. El orden de presentación de la información sigue la lógica de las actividades centrales que se desarrollaron y que se relatan a detalle en el anexo de relatorías de este informe.

Al igual que en Los Tuxtlas (municipios de San Andrés Tuxtla y Catemaco), iniciamos la segunda etapa de trabajo con una reunión de presentación del Proyecto y sus objetivos ante los Presidentes Municipales. Reiteramos la importancia de abrir el proceso de intervención con esta actividad por dos razones estratégicas:

(a) porque contribuye a facilitar la logística de los talleres y
(b) porque captura la atención de los munícipes hacia un tema novedoso y de la mayor relevancia para la gestión de su gobierno local.

En esta reunión los Presidentes Municipales reconocen abiertamente cinco elementos:

1. El PMACC es una iniciativa institucional de nivel federal e involucra a destacadas instituciones académicas de Veracruz.

2. El PMACC será un producto de la investigación en 2 vertientes: una vertiente académica y otra vertiente participativa. Ambas se realimentan para centrar el PMACC en lo que los actores sociales e investigadores identifican como la

problemática de mayor prioridad, la cual requiere estrategias de adaptación y/o mitigación, probablemente nunca ensayadas en sus municipios.

3. El PMACC es una herramienta estratégica para enfrentar el cambio climático en sus municipios que puede contener modestas actividades, que podrían llevar a cabo sin apoyos externos, incluido el financiamiento.

4. La validación y visto bueno del PMACC es de responsabilidad tripartita (Ayuntamientos, Inecol e INECC), recayendo en este último la validación final de la información y su presentación al gobierno federal, estatal y municipal.

5. La gestión posterior del PMACC es una labor del Ayuntamiento. En este sentido, el papel de las instituciones académicas participantes es dejar en manos de los Ayuntamientos participantes la información de contactos correspondiente para facilitar este proceso.

Los contenidos y en general la pauta metodológica para realizar las reuniones y talleres, no variaron en gran medida a los aplicados en la primera región, a excepción del primer taller comunitario, donde sustituimos las herramientas de “La Caja de Pandora” y “El Muro de las Lamentaciones” para reforzar “La línea del Tiempo” con el objeto de contar con mejor información de diagnóstico. Este cambio se explica a detalle en el apartado correspondiente.

Considerando lo agreste del territorio, su grado de marginación y la enorme distancia y tiempo que deben emplear los habitantes de los municipios de Tatatila y Las Minas para llegar a la cabecera municipal, ex profeso, solicitamos a las autoridades convocar a los talleres a quienes son representantes comunitarios y actores clave para el Ayuntamiento en su labor de gobernar. Nos referimos a los

Agentes y subagentes municipales. Todos ellos, dado que la gran mayoría son hombres a excepción de Las Minas donde hay una mujer, son además auxiliares del ministerio público municipal.

Recomendamos también convocar a otros actores, como representantes de organizaciones de productores y de organismos de la sociedad civil, docentes y doctores de las clínicas. No obstante, tanto en Las Minas como en Tatatila, la presencia de agentes y subagentes municipales fue en una abrumadora mayoría. Otro aspecto a destacar, en cuanto a los participantes en los talleres, es l asistencia destacada de directores y personal de los ayuntamientos.

Figura 120. Participantes en el primer taller comunitario: arriba izq. Isidra Rangel Hernández presidenta municipal; arriba der Ing. Martín Antonio López López, director de Fomento Agropecuario, Abajo izq. C. Maritza Baéz Alarcón. Drectora del Instituto Municipal de la Mujer,

participando en el primer taller comunitario. Der. Bernardino Ibarra Cruz, secretario del Ayuntamiento de Las Minas.

Foto 4. Ing. Martín Antonio López López,
Director de Fomento Agropecuario de Tatatila participando en el primer taller comunitario

IV.2.2. Contenido de los talleres

Mencionamos líneas arriba, que los contenidos de los talleres y reuniones no cambiaron en mayor medida. A excepción del primer taller comunitario donde ya no aplicamos las herramientas de "La Caja de Pandora" y "El muro de las Lamentaciones". A cambio, enriquecimos el ejercicio de diagnóstico fortaleciendo la herramienta de "La Línea del Tiempo" con una matriz que recupera la información de acontecimientos atípicos con mayor detalle y un mapa donde los participantes ubican las zonas geoFiguras donde han sucedido los acontecimientos mencionados en "La Línea del Tiempo"

Figura 121. Jovencito de Las Minas. Primer taller comunitario

En general, la base de los talleres siguieron siendo los siguientes tópicos:

PRIMER TALLER:

- Cambio Climático: causas y consecuencias. ¿Es un fenómeno aislado o nos concierne a todos?
- Relación entre el Cambio Climático y conceptos como: calentamiento global, efecto invernadero y gases efecto invernadero.
- ¿Qué significa la vulnerabilidad y la resiliencia?

- ¿Qué impacto y futuras afectaciones tendrá el Cambio Climático en mi municipio y región, en el futuro próximo y lejano?
- ¿Qué es mitigar?
- ¿Qué significa adaptarse?
- ¿Qué problemática provoca el Cambio Climático en la vida de las personas y en los recursos naturales de mi municipio y región?
- ¿Servirá de algo cambiar nuestra forma de percibir el entorno y de vivir?

SEGUNDO TALLER:

- ¿Qué podemos y qué no podemos hacer, frente al Cambio Climático?
- En vista de la problemática expresada, ¿qué propuestas de solución y/ adaptación podemos operar y en qué orden de prioridad?
- ¿Qué significa desarrollo sustentable?
- ¿Qué papel juega la autoridad en la reducción de la vulnerabilidad regional?

IV.2.3. **Participación social en los talleres de los municipios de Tatatila y Las Minas**

Cuadro 57. **Resumen de Participación Social**

MUNICIPIOS	LUGAR	NÚM. DE PARTICIPANTES			
		EQUIPO DE GOBIERNO	COMUNIDAD		EQUIPO DE GOBIERNO
		Taller 1	Taller 2	Taller 3	Taller 4
TATATILA	Salón “Colibrí”	**6**	**15**	**15**	**5**
LAS MINAS	Escuela Primaria “20 de Noviembre”	**14**	**22**	**26**	**6**
		Taller 1	**Taller 2**	**Taller 3**	**Taller 4**
GRAN TOTAL DE PARTICIPANTES	**109**	**20**	**37**	**41**	**11**

IV.2.4. Ruta metodológica

IV.2.4.1. PASO 1. Reunion de presentacion del proyecto con presidente municipal y equipos de gobierno.

Los resultados fueron muy positivos con ambos Presidentes Municipales.

En el caso de Las Minas, la Presidenta Municipal convocó de inmediato a sus colaboradores y por ello logramos en este mismo momento hacer la presentación del Proyecto al equipo amplio de gobierno y agendar en el acto los dos talleres comunitarios.

En el caso de Tatatila ocurrió algo similar. Con varios de sus colaboradores presentes, después de escuchar la presentación, el Presidente Municipal solicitó mayor información del Proyecto a través de un oficio que entregaríamos posteriormente. Una vez que entregamos ese oficio (5 días después), al momento, logramos agendar las fechas de los talleres comunitarios.

Figura 122. Izq. Presentación del proyecto ante el presidente municipale de Tatatila; der .Presentación ante el equipo de gobierno de Las Minas

Cambio importante en el proceso de trabajo con relación a la región anterior (Los Tuxtlas).

Para la región Tatatila- Las Minas, no fue indispensable realizar el taller de regionalización para la impartición de los talleres, como si lo hicimos en San

Andrés Tuxtla y Catemaco, básicamente porque la dimensión de los municipios en cuestión no lo requirió. Veamos:

San Andrés Tuxtla cuenta con 157,364 habitantes (INEGI, 2015) y es considerado uno de los 10 municipios más poblados de Veracruz; Catemaco, con una población que ronda los 45,000 habitantes, cuenta con más de 400 localidades. Por ello fue necesario trabajar una estrategia de intervención del proyecto que asegurara un mayor impacto de nuestras actividades y llegar a los actores clave. Por esta razón, propusimos regionalizar ambos municipios y fijar sedes de trabajo en cada uno de ellos. Finalmente, para San Andrés Tuxtla se realizaron 11 eventos en total en 3 sedes distintas; en Catemaco, 6 eventos en total en 2 sedes distintas.

En la región Tatatila- Las Minas no fue indispensable ni regionalizar, ni fijar sedes para los talleres, ya que se trata de municipios muy pequeños en población y territorio: Tatatila cuenta con 46 localidades y 5,584 habitantes; Las Minas tiene 12 localidades y 2,897 habitantes. Lo que si fue necesario organizar muy bien fueron los apoyos logísticos para asegurar la presencia de los actores convocados y el tiempo que podrían estar en los talleres, dado que son muy difíciles las condiciones de acceso y la movilización en estos municipios. Como ejemplo podemos citar que el agente municipal de La Concordia, municipio de Tatatila, necesita 5 horas para desplazarse de su comunidad a la cabecera.

En el caso de Tatatila, el Ayuntamiento aportó el vehículo y el Proyecto cooperó con el costo del combustible; en el caso de Las Minas, las autoridades corrieron con todo el gasto de traslado y movilización de las personas convocadas. El apoyo planificado funcionó muy bien, ya que para Tatatila, los 13 agentes y subagentes

convocados asistieron sin falta al primer taller y sólo faltaron 2 al siguiente día y por razones de otros compromisos ineludibles.

En Las Minas asistieron 22 personas en el primer taller y 26 en el segundo.

Figura 123. Panorámicas de la participación social: izq. Las Minas, der. Tatatila

IV.2.4.2. **PASO 2. Primer taller comunitario con autoridades comunitarias y actores de la sociedad civil**

Considerando los resultados de la propuesta metodológica aplicada en la primera región y considerando también el perfil de los asistentes en la región Tatatila-Las Minas, decidimos para este nuevo proceso fortalecer el ejercicio de diagnóstico agregando al instrumento “La Línea del Tiempo”, dos instrumentos más: una matriz que sistematiza y recoge más información acerca de los acontecimientos climatológicos atípicos y su frecuencia, y un mapa donde los participantes ubican las zonas donde sucedieron estos acontecimientos.

Fue un ejercicio largo, articulado y guiado con tres preguntas:

(1) ¿A lo largo de la historia, qué está pasando en mi municipio?

(2) ¿Cuándo pasó? Y

(3) ¿Dónde pasó?

También consideramos un cambio en la presentación de cierre del tema sobre cambio climático y adaptación. La que fue usada en la región Los Tuxtlas era muy larga y muy técnica. Para este nuevo proceso, elegimos un video muy corto y didáctico sobre Cambio Climático, con una duración de 7 minutos y más adecuado al perfil de los participantes.

Herramienta 1: "La línea del Tiempo" reforzada con la matriz de sistematización de la información y el mapa de ubicación de los acontecimientos.

Con "la línea del tiempo" se reflexiona cómo el surgimiento de acontecimientos atípicos relacionados con el clima, tienen una temporalidad y probablemente un patrón de ocurrencia, y cómo estos aumentan en los años más cercanos al presente. Efectivamente, esta herramienta se reforzó agregando al ejercicio (a) una matriz para sistematizar los acontecimientos identificados y (b) un mapa para ubicar dónde sucedieron.

Figura 124. Participación en el primer taller comunitario, municipio Tatatila

Este pequeño cambio dio como resultado un mayor interés de los participantes en los sucesos climatológicos, ya que provocó que se explayaran en la descripción de tales sucesos. Con el mapa, además de ubicarlos, comentaron acerca de los factores de riesgo y vulnerabilidad de sus comunidades. Apuntamos cuatro aspectos de suma relevancia:

(1) Las condiciones geoFiguras en las que viven.

En el caso de Las Minas, se presentan cambios de altitud que varían de los 800 msnm hasta los 2,300 msnm. En una distancia de 7 km se presenta un cambio altitudinal, en la barranca de tránsito a la cabecera, de más de 1,000 metros.

En el caso de Tatatila el 98% del territorio no es apto ni para la agricultura ni para la ganadería. Además están situados en una zona altamente sísmica (Ayuntamiento de Tatatila, 2014).

(2) La precariedad de las viviendas.

Las viviendas en ambos municipios tienen paredes de madera y los techos de cartón. Con vientos fuertes y lluvias torrenciales se destruyen fácilmente.

(3) Infraestructura: caminos y arroyos afectados por derrumbes o deslaves.

Sus caminos no cuentan con soportes de defensa para derrumbes o deslaves. Debido a las condiciones geoFiguras y las lluvias casi siempre los caminos quedan cerrados incomunicando a los pueblos, en ocasiones por varios días.

Hacen falta vados en los arroyos porque el agua que escurre también destruye los caminos.

(4) Escasa organización comunitaria.

Como lo marcan las proyecciones climatológicas, de esperarse un mayor número de eventos climatológicos y con mayor fuerza, los habitantes deben tener una forma de cuidar su vida, ya que no están organizados y sólo saben que deben ir al refugio de su comunidad, pero ni ese lugar es seguro.

La matriz de sistematización de la información recuperó con precisión (a) lo qué pasó, (b) cuándo pasó y (c) los efectos y situaciones alrededor de cada acontecimiento, en ambos municipios.

Figura 125. Participante en el primer taller comunitario del municipio de Las Minas

En el caso de Las Minas, en el 2013, debido al paso de la Tormenta tropical “Manuel”, se destruyeron caminos que hoy día no se han podido rehabilitar. Asimismo, con las fuertes lluvias del año 2009, donde se perdieron casi totalmente las cosechas, varias personas empezaron a introducir cultivos más resistentes a los vientos, como árboles de nuez.

Para el caso de Tatatila, con la tala desmedida que sucede en el municipio, la gente deja restos de madera al pie de los arroyos que, al momento de subir el nivel del agua, van creando represas que después revientan y los efectos del golpe del agua son más destructivos.

Herramienta 2: Identificación de problemas con base en los 4 ejes de la sustentabilidad

Esta herramienta como las anteriores, se trabaja en equipos. Su objetivo es identificar los principales problemas que debido al C.C. están enfrentando en su región de acuerdo a los siguientes ejes de análisis:

A. Calidad y uso de los recursos naturales.

B. Desarrollo de las actividades económicas

C. Infraestructura, servicios públicos y articulación con autoridades municipales.

D. Vinculación y organización comunitaria.

Agrupamos a los participantes por zonas y, de acuerdo a su opinión, se integraron los equipos. Una amplia información al respecto de esta identificación de problemas, se puede consultar en el anexo final del presente informe, donde se encuentran las sistematizaciones completas de cada taller.

En este apartado solo recuperamos los resultados que a nuestro parecer son importantes:

Eje A. Con relación a la "calidad y uso de los recursos naturales"

- Los recursos forestales y la gran cantidad de agua limpia derivada de manantiales, son probablemente las mayores fortalezas de estos municipios en cuanto a recursos naturales. El agua se mantiene limpia y pura.

  Tatatila cuenta con un registro de manantiales y el Ayuntamiento ha promovido programas de reforestación con resultados alentadores.

  En Las Minas, la producción de carbón es una actividad económica con relativa importancia y, llevada a cabo de forma sustentable, podría contribuir a mejorar las condiciones de vida de la población.
- Las alteraciones en el patrón de temperaturas, las sequías y las lluvias con fuertes vientos han originado la intensificación de plagas. La roya del café es un fenómeno asociado a estas variaciones de la temperatura. Las pérdidas de la producción son significativas. La erosión de la poca superficie de suelo productivo también es un problema importante.

Eje B. Con relación al "desarrollo de las actividades económicas"

- La ausencia de opciones de generación de ingresos para la población.

De acuerdo a estadísticas oficiales, ambos municipios tienen el 90% de su población viviendo en situación de pobreza (INEGI, 2015). Lo agreste del territorio, la lejanía con los mercados potenciales, la falta de asistencia técnica y capacitación, la nula experiencia de articulación productiva y desarrollo de empresa y la ausencia de financiamientos, evidencian la gran amenaza que el CC representa para estos municipios en el sentido de ser un factor que aumenta el grado de pobreza económica de la población.

- Accidentada geografía y turismo de naturaleza

  Ambos municipios tienen en su accidentada geografía un gran potencial para el desarrollo de actividades de ecoturismo, turismo de aventura y turismo comunitario. La belleza paisajística de la región en Veracruz merecería llevar a cabo un intento de explorar la viabilidad de estas actividades económicas para el creciente mercado de naturaleza (SECTUR y CESTUR, 2007; Piñar-Álvarez, 2012).

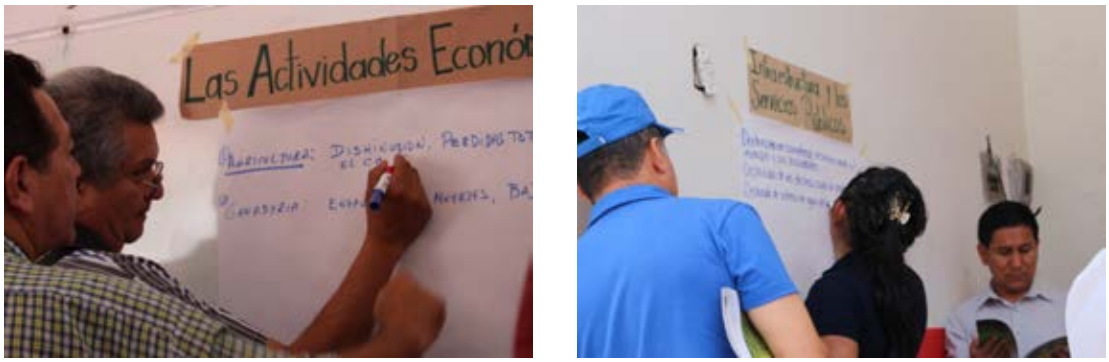


Figura 126. Participantes de Las Minas, Problemas derivados del cambio climático

Eje C. Con relación a la "Infraestructura, servicios públicos y articulación con autoridades municipales"

- En general, las comunidades no cuentan con drenaje. Se descarga hacia los barrancos, muy cercanos a las viviendas. En el caso de Tatatila, sólo

una parte de la cabecera municipal tiene sistema y en Las Minas nunca se terminó su planta de tratamiento de aguas negras.

- Para los participantes la mayor afectación en la infraestructura pública está en la pérdida de caminos, puentes y accesos que no permiten ni salir de las zonas siniestradas, ni tampoco introducir la ayuda. Ambos municipios no tienen posibilidades de crear vías alternas de rescate para la población, porque no hay por dónde.

  Los refugios, generalmente escuelas o salones sociales de la comunidad, no están en una zona libre de riesgo. El sentir de los participantes es que viven “al filo de la muerte” y la única posibilidad de “ponerse a salvo” está en la oportunidad de la alerta y en la capacidad de organizarse con anticipación.
- Los recursos municipales para enfrentar las eventualidades climatológicas son muy limitados. Ambos ayuntamientos cuentan con una dirección de Protección Civil sin equipamiento ni personal. El Ayuntamiento Las Minas no cuenta con maquinaria alguna y en Tatatila tienen una muy deteriorada retroexcavadora que con muchas dificultades mantienen en operación para la limpieza de los caminos, pero su condición es realmente lamentable.

Eje D. En relación a la “vinculación y organización comunitaria”.

- En ambos municipios, la solidaridad y el apoyo entre vecinos es real. La confianza es el mayor factor de salvaguarda, pero no están organizados.
- También se señala que la gente desconoce en gran medida lo que está sucediendo con el clima y no identifica el enorme peligro que las lluvias representan para quienes habitan zonas montañosas como la zona en la que viven.

- Reconocen la labor del Ayuntamiento, sobre todo, lo que hace la dirección de protección civil. Sin embargo, en momentos de siniestro, la ayuda siempre tarda varios días en llegar.

IV.2.4.3. **PASO 3. Segundo taller comunitario con autoridades comunitarias y actores de la sociedad civil**

Herramienta 3: FODA

El segundo taller con la comunidad dio continuidad al análisis al desarrollar un ejercicio FODA que trata de clarificar que no todo en su municipio son problemas, sino que las comunidades también cuentan con activos que hay que potenciar, conservar, restaurar y defender.

Figura 127. Participacion en la construcción del FODA: izq. Las Minas, der. Tatatila

Cuadro 58. Municipio de Las Minas. FODA

FORTALEZAS	DEBILIDADES
PLANO INTERNO	
a) Contamos con gente conocedora de sus recursos naturales y actividades agrícolas. Gente que tiene principios y valores. b) Nuestros recursos naturales son inmensos: bosques, agua limpia, tierra aun fértil, minerales (piedras preciosas, lajas, cuarzo, etc.), fauna, especies únicas de palmas, clima templado.	a) Caminos de terracería, angostos y sin protección. b) La actitud pasiva de la gente. c) Escasa educación en el promedio de la población. Estudiamos hasta cuarto de primaria. d) Resistencia a cambiar por desconocimiento. e) Sobreexplotamos nuestros recursos naturales. Hacemos carbón sin sembrar árboles.

c) Recursos agropecuarios tradicionales (vacas, cabras, cultivos, frutales). d) Cultivos alternativos: piñanona, maracuyá, limón, cacahuate, nuez de macadamia, chiles, hortalizas, membrillo, zarzamora. e) Tenemos una identidad como pueblo y como municipio. Sabemos lo que es lo nuestro. Tenemos historia. f) El Potencial turístico es una vocación natural del municipio. g) Diversidad de alturas y climas. h) Somos un pueblo unido y solidario	f) Dependemos de apoyos de gobierno. g) No conocemos las consecuencias del cambio climático. Poco o nada sabemos de ello. h) Escasa capacitación para dar valor agregado a nuestros productos. No contamos con fuentes de empleo, pero tampoco financiamientos para invertir y emprender negocios i) Pocas vías de comercialización de lo que producimos. j) No fomentamos el arraigo y el sentido de pertenencia.

OPORTUNIDADES	**AMENAZAS**
PLANO EXTERNO	
a) Crear mejores enlaces con las autoridades municipales, estatales y federales (en coordinación con el municipio). b) Identificar alternativas productivas sustentables. c) Planear rutas de acción para prevenir desastres y tragedias. d) Mejorar nuestra educación laboral y ambiental. e) Solicitar asesoría técnica profesional para mejorar nuestra vida. f) Acceder a apoyos de instituciones federales y estatales g) Mejorar condiciones de vida, infraestructura y de preservación de nuestros recursos naturales. h) Las instituciones que vamos conociendo en los proyectos en que participamos. Son una gran oportunidad para capacitarnos y tener visión.	a) Ciclones y huracanes. b) Heladas c) Vientos fuertes. d) Sequias e) Epidemias en población y animales. f) Nevadas. g) Deslaves y derrumbes. h) Temblores i) La lluvia ácida. j) Aumento de plagas agrícolas. k) La contaminación de nuestra agua. l) La pérdida de nuestro patrimonio debido a tantas lluvias.

Para cerrar este ejercicio, tratamos de ubicar la atención de los participantes en la gran cantidad de recursos propios con los que cuentan, los cuales representan un real potencial para la solución de problemas.

Hicimos hincapié en que las debilidades se originan por desconocimiento y actitud y hay que cambiar esta situación. Por ello las oportunidades deben aprovecharse para vincularse, asociarse, relacionarse con instituciones, personas, centros de investigación que nos ayuden a comprender mejor nuestros problemas para imaginar soluciones con viabilidad.

Herramienta 4: Matriz de priorización

Esta herramienta facilita la confrontación de problemas y ayudó a los participantes a elegir el lugar de cada problema, por orden de importancia o prioridad. Lo valioso de esta herramienta es que cada participante decide el grado de importancia de un problema argumentando sus razones. Esta opinión puede o no influir en la opinión de los demás participantes del grupo, pero la intencionalidad es que se ejercite la deliberación libre y pública de los sujetos sobre sus problemas. La herramienta no favorece emitir una opinión sin razón, ni siquiera aparente.

El equipo responsable de la estrategia social insistió en la necesidad de **priorizar los problemas**, tras la deliberación pública. En primer lugar porque no todos los problemas pueden solucionarse al mismo tiempo, ni todos son igual de importantes. Era imprescindible encontrar un orden de prioridad que indicara a las autoridades municipales qué problemas se deben enfocar primero, cuáles después y el porqué.

En el entendido que el Programa Municipal de Adaptación al Cambio Climático (PMACC) será una herramienta para mejorar las capacidades de los municipios para adaptarse, defenderse y sobrevivir a los efectos del Cambio Climático, es indispensable ubicar la problemática más sentida por la mayoría de la población, para que las decisiones que posteriormente se tomen tengan congruencia con este sentir de la mayoría.

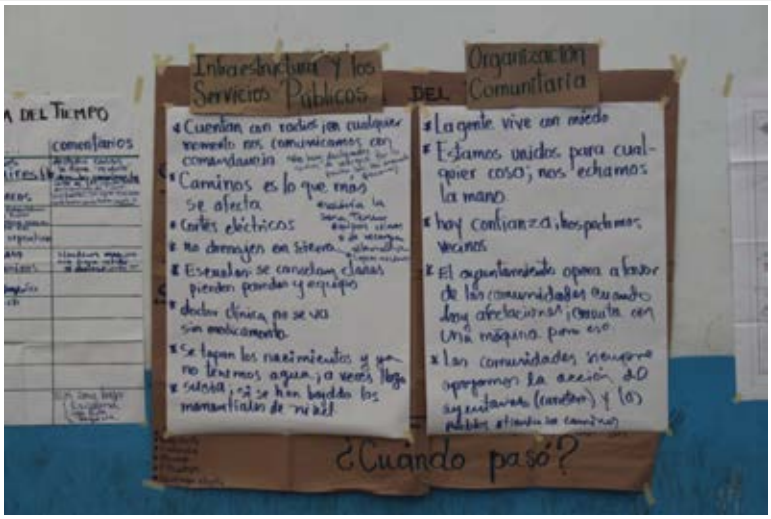


Figura 128. Resultados del ejercicio. Taller comunitario en el municipio de Tatatila, Ver

Des los problemas identificados en los cuatro ejes de análisis se priorizó ante la vista de todos. En el caso del eje Infraestructura, servicios públicos y articulación con autoridades, el cuadro siguiente muestra los problemas y el orden de prioridad.

Cuadro 59. Problemas identificados y priorización.

Eje Infraestructura, servicios públicos y articulación con autoridades.
Municipio: Tatatila

Problemas identificados	Orden de prioridad
• **Tenemos escuelas en zonas de riesgo** • **Los vientos tiran árboles y se dañan las líneas de electricidad** • **Nos quedamos incomunicados porque la batería de los radios dura pocas horas nada más** • **Los refugios son las escuelas y están en zonas de riesgo. No hay lugares seguros en ninguna parte** • **Los caminos quedan destruidos y nadie puede hacer nada porque no hay forma de salir ni de entrar**	1. No existen refugios ni albergues. 2. Caminos averiados incomunican a las comunidades. 3. Manantiales reducen su caudal, se afecta el abasto de agua. 4. Se corta la energía eléctrica, afectando la radio comunicación. 5. Clínicas sin medios para enfrentar emergencias. 6. Escuelas en zonas de riesgo.

Figura 129. Matriz de Priorización de problemas. Municipio de Las Minas, Ver.

Herramienta 5. Matriz de acciones de adaptación y/o mitigación del CC en el municipio

Una vez priorizados los problemas, pasamos a la creación de propuestas para solucionar esta problemática. No se trata de fijar acciones inalcanzables. Se trata de considerar tanto fortalezas como oportunidades del municipio, para proponer acciones con viabilidad.

En este momento fue muy importante la presencia de los directores de los ayuntamientos, sobre todo en Las Minas, porque pudieron confrontarse ideas de adaptación o mitigación de los efectos del CC, con la opinión de las autoridades comunitarias. Por otro lado, ellos pudieron conocer de primera mano las propuestas de sus representados, que posteriormente fueron retomadas en la reunión de cierre del proceso, para complementar la matriz de acciones y/o proyectos prioritarios para fomentar la adaptación y mitigación de los efectos del CC en el municipio.

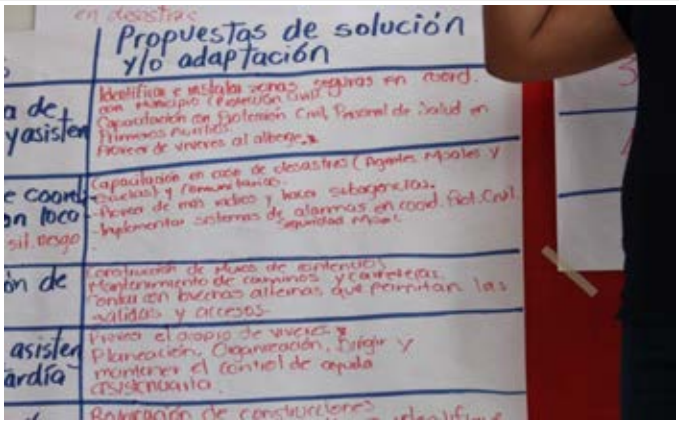


Figura 130. Ejemplo de propuestas de Adaptación al CC. Municipio de Las Minas

IV.2.4.4. **PASO 4. Taller de cierre del proceso de trabajo con equipos de gobierno de los ayuntamientos de Tatatila y Las Minas**

Esta reunión tiene tres objetivos:

1. Presentar a la mesa de autoridades un sustancioso resumen de la información generada en los talleres para su validación. Si el Ayuntamiento identifica otros problemas que deben ser considerados, estos deben agregarse al diagnóstico participativo realizado.

2. Identificar, de lo que se propone como medidas y acciones de adaptación por parte de la población, qué está haciendo el Ayuntamiento o tiene planeado hacer, con el fin de justificar de la mejor manera su acción de gobierno municipal.

3. La identificación de un conjunto de acciones o proyectos prioritarios para la adaptación y/o mitigación de los efectos del CC que debe proponer el Ayuntamiento.

Esta reunión de cierre sustituye el Foro de Validación realizado en el Municipio de San Andrés Tuxtla el cual tuvo los mismos objetivos mencionados, pero no alcanza para identificar ese conjunto de acciones estratégicas que se sugiere incorporar al contenido de los PMACC.
En la región Tatatila-Las Minas, ambos Presidentes Municipales estuvieron presentes en este momento. Las propuestas de proyectos y acciones se presentan al final de este informe, en el apartado de Resultados.

Figura 131. Reunión de cierre del proceso de trabajo en campo. Autoridades del Ayuntamiento de Las Minas, Ver.
De izquierda a derecha aparecen: C. Isidra Rangel Hernández, Presidenta Municipal de Las Minas; C. Mariano Baéz Alarcón, Director del DIF municipal; C. Maritza Báez Alarcón, Directora del Instituto Municipal de la Mujer; C. María Gutiérrez Díaz, Bióloga y representante de la Sociedad Civil; C. Bernardino Ibarra Cruz, Secretario del Ayuntamiento e Ing. José Luis Sánchez, Director de Obras Públicas.

IV.2.5. **Resultados del proceso**

La siguiente información es resultado de la sistematización de todos los talleres impartidos en la segunda región de trabajo, a efecto de identificar las posibles **Líneas de Acción Estratégica del PMACC**.

Nuestro trabajo consistió en ordenar, clasificar y analizar la información para identificar los temas de mayor prioridad en cada uno de los cuatro ejes de desarrollo.

En primer lugar aparece el cuadro resumen de los problemas identificados por eje de desarrollo, y en segundo lugar, aparece el cuadro de propuestas de adaptación y/o soluciones. Ambos son sistematizaciones elaboradas con los resultados de los talleres.

Inmediatamente después de estos cuadros aparece la **Definición de Líneas de Acción Estratégicas del PMACC** de cada municipio y junto a éste las Acciones o proyectos prioritarios para mejorar la adaptación del municipio al Cambio Climático.

Estas acciones o proyectos son congruentes con las propuestas de mitigación y/o adaptación que los asistentes a los talleres propusieron y con la Líneas de acción estratégicas resultantes en cada municipio. Fueron sugeridas tanto por nosotros, como facilitadores del proceso, como por las autoridades municipales en el taller de cierre de las actividades del proyecto en campo.

Figura 132. Panorámica del trabajo participativo. Municipio de Las Minas, Ver.

MUNICIPIO: TATATILA

PROBLEMAS IDENTIFICADOS POR EJES DE DESARROLLO

EJE A Calidad y uso de los recursos naturales	EJE B Desarrollo de las actividades económicas	EJE C Infraestructura, Servicios Públicos y articulación con las autoridades municipales.	EJE D Vinculación y organización comunitaria
1. Los suelos se están erosionando y perdiendo fertilidad.	1. Aumento de plagas causan baja rentabilidad agrícola.	1. No existen refugios ni albergues en las comunidades.	1. Estamos unidos pero no organizados para enfrentar una emergencia.
2. Aumento de plagas agrícolas con el incremento del calor.	2. Afectaciones en cultivos por disminución de lluvias.	2. Caminos averiados incomunican a los pueblos con la cabecera municipal.	2. La gente vive con miedo por los derrumbes.
3. Disminución general de la biodiversidad en flora y fauna.	3. Aumento en la fuerza de los vientos quiebran el maíz.	3. Manantiales reducen su caudal, se afecta el abasto de agua.	
	4. Aumento de enfermedades en ganado (bobino y ovino)	4. Se corta la energía eléctrica, afectando la radio comunicación y la esperanza de ayuda.	
	5. La gente corta árboles para conseguir ingresos por escasas fuentes de trabajo, provocando deforestación y otros problemas.	5. Clínicas sin medios para enfrentar emergencias. Sin medicamentos, ni materiales de curación y primeros auxilios.	
		6. Escuelas en zonas de riesgo.	

MUNICIPIO DE TATATILA

PROPUESTAS DE ACCIONES PARA LA ADAPTACION Y/O MITIGACION DE LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMATICO

EJE DE DESARROLLO	PROBLEMAS PRIORIZADOS	PROPUESTAS DE SOLUCIÓN
A. Calidad y Uso de los Recursos Naturales.	**1. Los suelos se están erosionando y perdiendo fertilidad.**	**a) Programas de reforestación y mejora de la capa vegetal.** **b) Gestionar apoyos para realizar estudios de suelos.** **c) Evitar la tala inmoderada.** **d) Impulsar prácticas agroecológicas como la siembra de abonos verdes.** **e) Uso de barreras vivas de uso forestal y frutal.** **f) Reducir gradualmente la dependencia a los agroquímicos.**
	2. Aumento de plagas agrícolas con el incremento del calor.	**a) Iguales acciones que las redactadas en las soluciones de las actividades económicas. (Prob. 1)** **b) Diagnóstico para identificar plagas y sus controles.** **c) Probar con controles biológicos de plagas.**
	3. Disminución general de la biodiversidad en flora y fauna.	**a) Diagnósticos y estudios para caracterizar la calidad de los ecosistemas y la biodiversidad en flora y fauna.** **b) Impulso a la creación de UMA´s para la protección y preservación de especies amenazadas y para consumo.** **c) Campañas de educación ambiental para reducir cacería y extracción de especies.** **d) Impulso al ecoturismo comunitario como medida preservacionista.** **e) Aplicación de la normatividad ambiental (NOM-052-SEMARNAT) para especies amenazadas.**

EJE DE DESARROLLO	PROBLEMAS PRIORIZADOS	PROPUESTAS DE SOLUCIÓN
B. Desarrollo de las actividades económicas.	1. Aumento de plagas causan baja rentabilidad agrícola.	a) Convenios y apoyos para investigación en plagas. b) Los campesinos aportarán parcelas demostrativas y jornales de trabajo para generar soluciones a las plagas. c) Complementar la investigación con asistencia técnica y capacitación a los campesinos. d) Introducción de variedades más resistentes de cultivos. e) Implementación de prácticas inocuas.
	2. Afectaciones en cultivos por disminución de lluvias.	a) Utilizar apoyos y programas de incentivos para impulsar la reforestación estratégica. b) Protección de manantiales, nacimientos y mantos freáticos. c) Proyectos de obras de captación y de infiltración como el zanjeo. d) Mayor conocimiento y estudios de nuestros recursos hídricos. e) Campañas de educación para el mejor uso del agua.
	3. Aumento en la fuerza de los vientos quiebran el maíz.	a) Buscar programas que apoyen el uso de barreras vivas contra vientos. b) Los campesinos aportaran parcelas demostrativas. c) Apoyos para la obtención de los árboles. d) Diversificación de cultivos y productos. e) Adaptación de especies más resistentes.
	4. Aumento de enfermedades en ganado (bobino y ovino).	a) Gestión de apoyos de programas de sanidad e inocuidad animal y vegetal (SAGARPA). b) Mejorar organización asociativa de productores para impulsar la capacitación. c) Mejorar articulación con ayuntamiento para fortalecer gestión. d) Promover mejoras genéticas.
	5. La gente corta árboles para conseguir ingresos por escasas fuentes de trabajo, provocando deforestación y otros problemas.	a) Gestión de programas de la CONAFOR b) Informar a la comunidad interesada, hacer un censo de hectáreas arboladas y propietarios interesados, organización para poder solicitar proyecto de explotación forestal sustentable. c) Uso de zanjeos y surcos corta fuegos. d) Mejorar medidas de protección contra incendios. e) Capacitación para la explotación sustentable del carbón.

EJE DE DESARROLLO	PROBLEMAS PRIORIZADOS	PROPUESTAS DE SOLUCIÓN
C. Infraestructura, servicios	1. No existen refugios ni albergues en las	a) Identificar lugares seguros para establecer los refugios.

públicos y coordinación con las autoridades locales.	comunidades.	b) Cooperar con los gobiernos para realizar las obras. c) Difusión a la población de la ubicación y beneficios de los albergues.
	2. Caminos averiados incomunican a los pueblos con la cabecera municipal.	a) Aumentar la capacidad del ayuntamiento para rehabilitar y dar mantenimiento a caminos. b) Replantear el trazo topoFigura y el equipamiento de los caminos para reducir su afectación y mejorar su seguridad.
	3. Manantiales reducen su caudal, se afecta el abasto de agua.	a) Almacenar agua de manantiales y enviarla a los pueblos. b) Limpiar, proteger y dar mantenimiento a los manantiales. c) Reforestación estratégica
	4. Se corta la energía eléctrica, afectando la radio comunicación y la esperanza de ayuda.	a) Mejorar líneas de energía con brechas más amplias. b) Retirar los árboles que pudieran afectar las líneas de electricidad.
	5. Clínicas sin medios para enfrentar emergencias. Sin medicamentos, ni materiales de curación y primeros auxilios.	a) Capacitación y equipamiento de los albergues con un anexo médico, para prestar los servicios básicos en emergencias y primeros auxilios. b) Gestión ante el sector salud de equipamiento y capacitación estratégica.
	6. Escuelas en zonas de riesgo.	a) Acciones de prevención para que los niños no corran riesgos.

EJE DE DESARROLLO	PROBLEMAS PRIORIZADOS	PROPUESTAS DE SOLUCIÓN
D. Organización y vinculación comunitaria	1. Estamos unidos pero no organizados para enfrentar una emergencia.	a) Reunir a los vecinos para hablar del cambio climático y los desastres que podría ocasionar. b) Favorecer el acuerdo de proteger la vida antes que las pertenencias. c) Crear una estrategia de emergencia para cada comunidad, asesorada por protección civil. d) Capacitarnos en evacuación con apoyo de protección civil.
	2. La gente vive con miedo por los derrumbes.	a) Informar a la gente acerca de los peligros, vulnerabilidad y los problemas que ocasiona el cambio climático. b) Mejorar las redes de comunicación familiar y vecinal. c) Tener un plan de protección civil para cada comunidad.

Definición de Líneas de Acción Estratégicas

PROGRAMA MUNICIPAL DE ADAPTACION AL CAMBIO CLIMATICO DEL MUNICIPIO DE TATATILA, VER.

EJE DE ANALISIS	TEMATICAS MENCIONADAS CON MAYOR FRECUENCIA EN LAS PROPUESTAS DE SOLUCION Y/O ADAPTACION	LÍNEAS DE ACCION ESTRATEGICA
A. Calidad y uso de los recursos naturales	• Mejoramiento de las técnicas de cultivo • Conocimiento para conservar suelos • Conservar la biodiversidad	• Aprovechamiento sustentable de los recursos naturales • Manejo de agua y suelos • Reforestación para la protección de laderas y áreas de cultivo
B. Desarrollo de las actividades económicas	• Capacitación agrícola y pecuaria • Conocimiento del Cambio Climático • Desarrollo de organización productiva y pequeña empresa	• Desarrollo de empresa rural sustentable para la creación de fuentes de ingreso y reforzar las que ya existen • Capacitación específica a productores en: manejo de plagas, técnicas de cultivo sustentables, uso de agroquímicos.
C. Infraestructura, servicios públicos y articulación con las autoridades municipales.	• Mantenimiento permanente y reconstrucción expedita de caminos rurales • Pavimentar carretera de acceso principal a la cabecera municipal • Cuidar los manantiales que aportan el agua al municipio.	• Reforzamiento de las capacidades de reconstrucción del gobierno municipal • Capacitación al personal de protección civil en planeación y prevención de desastres
D. Vinculación y organización comunitaria	• Capacitación para la organización comunitaria ante los eventos climatológicos	• Prevención de desastres a través de Capacitar, organizar, planificar, estrategias de mitigación y defensa de las comunidades ante el CC

5 PROPUESTAS DE ACCIONES Y PROYECTOS ESTRATEGICOS
PARA FORTALECER LA ADAPTACION DEL MUNICIPIO DE TATATILA AL CAMBIO CLIMATICO.

NOMBRE DEL PROYECTO	PROBLEMÁTICA CON LA QUE SE RELACIONA	IMPACTO	OBJETIVO	LOCALIZACION
1. Rehabilitación del camino principal a la Cabecera Municipal de Tatatila con 21 kms de concreto hidráulico	Aislamiento de las comunidades y la cabecera debido a derrumbes y deslaves.	Beneficio directo para toda la población del municipio. 5,584 habitantes	Tener en condiciones de tránsito, durante todo el año, el principal camino de acceso al municipio	
2. Fundar un sistema de pago por servicios ambientales que parta de un inventario de árboles y diferencie a las especies por su contribución en la producción de aire y agua	Tala inmoderada Generación de ingresos Conservación de bosques como productores de agua	Beneficio directo para las comunidades de la parte más alta del municipio	La conservación y mantenimiento de cientos de has. de bosque de pinos y otras especies	
3. Establecer un decreto protector en las áreas de bosque que el Ayuntamiento y muchos campesinos han reforestado y conservado, con el objeto de que sean montes que ya no se pierdan.	Evitar contaminación de manantiales Conservación de especies locales	Aseguramiento de cierto porcentaje de agua a los centros urbanos de población de la parte baja de la sierra. Ciudades de: Tlapacoyan y Martínez de la Torre	La conservación y mantenimiento de cientos de has. de bosque de pinos y otras especies	
4. Desarrollar un programa de información y capacitación permanente a la población sobre los protocolos a seguir en casos de desastres naturales, promoviendo a la vez acciones de prevención del riesgo	El desconocimiento de la población de los efectos del CC La promoción de la participación de la población en acciones de prevención y rescate	Población beneficiada 5,584 personas	Promover una cultura de la prevención y adaptación de las comunidades al CC	Todo el municipio
5. Desarrollar un programa de combate a la pobreza con el objeto de integrar las principales cadenas de valor del municipio para la creación de fuentes de empleo y valor agregado a los productos agrícolas y pecuarios.	Pobreza extrema Devastación del bosque y en general de los recursos naturales del municipio Falta de fuentes de empleo Migración	1000 has de café, con 400 productores 500 has de higo, con 250 productores 1000 cabezas de cabra y 600 cabezas de vaca.	Creación de fuentes de empleo Aumentar ingresos de los productores por la vía de la agregación de valor de sus productos	**Comunidades donde exi cierto grado de articulac productiva y organizaci**

MUNICIPIO DE LAS MINAS

PROBLEMAS IDENTIFICADOS POR EJES DE DESARROLLO

	EJE A. Calidad y uso de los recursos naturales	EJE B. Desarrollo de las actividades económicas	EJE C. Infraestructura, Servicios Públicos y articulación con las autoridades municipales.	EJE D. Organización y vinculación comunitaria
1.	**Deforestación en el Cofre de Perote, los llanos y nuestros bosques, ocasiona disminución de lluvias.**	1. Sobre explotación forestal. Erosión evidente de parcelas ante escurrimientos intensos de tierra debido a la deforestación en las zonas altas de la montaña.	1. Carencia de albergues y asistencias durante emergencias. Escasa coordinación de las autoridades con las localidades en situaciones de riesgo. La ayuda y asistencia tarda mucho para llegar a las comunidades.	1. Falta de sensibilización de la población para mejorar su participación en emergencias.
2.	**Disminución de caudales por reducción de lluvias.**	2. Pérdidas totales, por eventos meteorológicos como fríos, vientos y calor.	2. Destrucción en caminos y carretera por lluvias extraordinarias	2. Desorganización para enfrentar eventos de desastres.
3.	**Erosión y deslaves disminuyen fertilidad de suelos.**	3. Disminución de la productividad agrícola por aumento de plagas.	3. Viviendas y escuelas en zonas de riesgo	
		4. Aumento de muertes en ganado por enfermedades relacionadas con el calor o frío.		

MUNICIPIO LAS MINAS

PROPUESTAS DE ACCIONES PARA LA ADAPTACION Y/O MITIGACION DE LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMATICO

EJE DE DESARROLLO	PROBLEMAS PRIORIZADOS	PROPUESTAS DE SOLUCIÓN
A. Calidad y Uso de los Recursos Naturales	1. Deforestación en el Cofre de Perote, los llanos y nuestros bosques, ocasiona disminución de lluvias.	a). Participación y apoyo para la reforestación de zonas estratégicas externas al municipio. b). Programas que incentiven la reforestación dentro del municipio y eviten incendios. c). Establecer mecanismos de pago por servicios ambientales para zonas de alto riesgo como la nuestra. d). Asesoría técnica para el mejor aprovechamiento de la actividad forestal. e). Promoción y uso de ecnotecnias en los cultivos. f). Creación de fuentes de empleo sustentables. g). Impulso al ecoturismo o turismo comunitario.
	2. Disminución de caudales por reducción de lluvias.	a). Diagnóstico para el uso eficiente del agua en el municipio y de las razones de la disminución de caudales. b). Proteger de manantiales. c). Proteger ríos y mantos freáticos de la contaminación. d). Rehabilitación de planta de aguas residuales. e). Educación ambiental y cambio climático en escuelas de toda la región. f). Explotación eficiente del agua en los llanos de arriba. g). Reglamento para el tratamiento eficiente de residuos sólidos.
	3. Erosión y deslaves disminuyen fertilidad de suelos.	a). Reforestar con barreras vivas las parcelas. b). Experimentar el cultivo en terrazas. c). Reducir dependencia de agroquímicos utilizando prácticas ecológicas. d). Promover obras de conservación e infiltración de aguas a los campos productivos.

EJE DE DESARROLLO	PROBLEMAS PRIORIZADOS	PROPUESTAS DE SOLUCIÓN
B. Desarrollo de las actividades económicas.	1. Sobre explotación forestal. Erosión evidente de parcelas ante escurrimientos intensos de tierra debido a la deforestación en las zonas altas de la montaña.	a). Reforestar con maderables nativos. Vigilar el crecimiento de las plantaciones. b). Asesoría técnica para explotación sustentable de la madera (CONAFOR) c). Asesoría para producción sustentable de carbón d). Reforestar con frutales a modo de diversificar la producción forestal (duraznos, nuez, plátanos, café, aguacate, con variedades resistentes) e). Crear viveros con especies de la región. f). Organización por regiones estratégicas con apoyo de fomento agropecuario.
	2. Pérdidas totales, por eventos meteorológicos como fríos, vientos y calor.	g). Utilizar programas de asistencia técnica y capacitación. h). Apoyo de la investigación para el desarrollo de opciones productivas que diversifiquen los ingresos y mejoren la situación económica de los productores y sus familias. i). Mejorar prácticas de cultivo que propicien defendernos de la erosión, manejar el agua que escurre y aumentar la fertilidad de las parcelas.
	3. Disminución de la productividad agrícola por aumento de plagas.	j). Asistencia técnica y capacitación (UV, SAGARPA, CENASICA, Sanidad Vegetal) k). Introducción de especies resistentes al nuevo clima.
	4. Aumento de muertes en ganado por enfermedades relacionadas con el calor o frío.	a). Gestión de apoyos de programas de sanidad e inocuidad animal. SAGARPA b). Mejorar capacitación a los productores para proteger hatos ganaderos c). Mejorar articulación con ayuntamiento para fortalecer gestión de proyectos. d). Transferencia de conocimientos, conocer que hacen con este problema en otros municipios.

EJE DE DESARROLLO	PROBLEMAS PRIORIZADOS	PROPUESTAS DE SOLUCIÓN
C. Infraestructura, servicios públicos y coordinación con las autoridades locales.	1. Carencia de albergues y asistencias durante emergencias. Escasa coordinación de las autoridades con las localidades en situaciones de riesgo. La ayuda y asistencia tarda mucho para llegar a las comunidades.	a). Identificar e instalar albergues en zonas seguras en coordinación con municipio y protección civil. Capacitación con protección civil b). Capacitación y equipamiento de primeros auxilios en localidades. c). Proveer víveres a albergues en épocas de riesgo. d). Capacitación en caso de desastres para agentes municipales y escuelas como primeras autoridades responsables. e). Proveer más radios y pilas. f). Crear más subagencias con equipamiento. g). Con estudios especializados, identificar y crear rutas o brechas alternas para la evacuación de personas en situación de riesgo. h). Implementar sistemas de alarmas en coordinación con protección civil. i). Prever acopio de víveres ante inminentes fenómenos climatológicos j). Planeación y organización para la solicitud de apoyos externos al municipio. k). Establecer alternativas para mantener la ayuda.
	2. Destrucción en caminos y carretera por lluvias extraordinarias	a). Identificación de sitios para la construcción de muros de contención y obras hidráulicas prioritarias en caminos. b). Elaboración de proyectos técnicos para mejorar la carretera Las Minas – Cruz Blanca con concreto hidráulico, como principal ruta de evacuación del municipio. c). Reforzar el mantenimiento de caminos. Prepararlos para la época de lluvias.
	3. Viviendas y escuelas en zonas de riesgo	a). Estudios de protección civil para identificar a las edificaciones en zonas de riesgo. b). Reubicación de construcciones prioritarias y públicas. c). Información a propietarios de viviendas en zonas de riesgo de su situación y alternativas.

EJE DE DESARROLLO	PROBLEMAS PRIORIZADOS	PROPUESTAS DE SOLUCIÓN
D. Organización y vinculación comunitaria.	1. Falta de sensibilización de la población para mejorar su participación en emergencias.	a). Organizar reuniones vecinales para hacer extensiva la información relacionada al cambio climático y sus riesgos. b). Crear un plan de acción en caso de desastres. c). En las comunidades. Detectar puntos seguros y puntos de riesgo. d). Informar y capacitar a la población sobre: puntos de reunión, simulacros, rutas de evacuación, manejo de emociones, rescate de personas, supervivencia en caso de fuego, inundación, escases de alimentos, incomunicación, primeros auxilios. e). Coordinación preventiva con protección civil de gobierno del estado, SEDENA, Secretaría de Salud. f). Gestionar apoyos con Universidad y otros planteles para contar con psicólogos, geólogos, doctores, que orienten a las comunidades.
	2. Desorganización para enfrentar eventos de desastres.	a). Repartir tareas, responsables y comisiones en cada comunidad, ejemplo: primeros auxilios, comunicación, salud, rescate y búsqueda de desaparecidos, etc. b). Capacitar y establecer liderazgos para el manejo de simulacros en coordinación con autoridades municipales. c). Mejorar la vinculación con protección civil y aumentar su presencia en las comunidades hasta que se logren las metas.

Definición de Líneas de Acción Estratégicas

PROGRAMA MUNICIPAL DE ADAPTACION AL CAMBIO CLIMATICO. MUNICIPIO DE LAS MINAS, VER.

EJE DE ANALISIS	TEMATICAS MENCIONADAS CON MAYOR FRECUENCIA EN LAS PROPUESTAS DE SOLUCION Y/O ADAPTACION	LÍNEAS DE ACCION ESTRATEGICA
A. Calidad y uso de los recursos naturales	Conservar lo propio (especies nativas) Manejar los suelos y el agua Aprovechamiento sustentable de los recursos forestales	Aprovechamiento sustentable de los recursos naturales Manejo de agua y suelos Reforestación para la protección de laderas y áreas de cultivo
B. Desarrollo de las actividades económicas	Desarrollar opciones con viabilidad económica: ecoturismo, procesamiento de frutas. Promover las actividades económicas actuales con capacitación y organización de los productores: caprinocultura y ganadería bovina.	Desarrollo de empresa rural sustentable para la creación de fuentes de ingreso y reforzar las que ya existen Capacitación a productores en técnicas de cultivo en zonas con fuerte pendiente Desarrollo de mercados para productos orgánicos y naturales
C. Infraestructura, servicios públicos y articulación con las autoridades municipales.	Urgente pavimentar carretera de acceso principal a la cabecera municipal	Reforzamiento de las capacidades de reconstrucción del gobierno Municipal Capacitación al personal de protección civil en planeación y prevención de desastres
D. Vinculación y organización comunitaria	Capacitación para la organización comunitaria ante los eventos climatológicos Planeación y capacitación de las acciones	Prevención de desastres a través de Capacitar, organizar, planificar, estrategias de mitigación y defensa de las comunidades ante el CC

8 PROPUESTAS DE ACCIONES Y PROYECTOS ESTRATEGICOS PARA FORTALECER LA ADAPTACION AL CAMBIO CLIMATICO.
MUNICIPIO DE LAS MINAS.

NOMBRE DEL PROYECTO	PROBLEMÁTICA CON LA QUE SE RELACIONA	IMPACTO	OBJETIVO	LOCALIZACION
(1) PAVIMENTACIÓN CON CONCRETO HIDRÁULICO DEL CAMINO PRINCIPAL DE ACCESO A LA CABECERA MUNICIPAL (12.850KM)	Aislamiento de la cabecera municipal y las comunidades debido a derrumbes, deslaves y todo tipo de afectaciones que por lluvias intensas tiene el camino principal	Es el único camino de acceso a la cabecera municipal y comunidades. El Ayuntamiento ha invertido este año más de 1 millón de pesos en su reforzamiento para resistir la próxima temporada de lluvias.	Mantener el camino de acceso principal a la cabecera, como transitable todo el año	
(2) CONSTRUCCIÓN DE 4 MUROS DE CONTENCION, CON UN TOTAL DE 14,000 M3 DE MURO, EN DETERMINADAS ZONAS DE ALTO RIESGO.	Aislamiento de las comunidades; pérdidas humanas debido a los accidentes por deslaves y derrumbes	2,897 personas beneficiadas de prácticamente todas las localidades del municipio.	Proteger de la destrucción a la mayor parte de la red de caminos rurales de acceso a las comunidades de Las Minas	1. En el camino del tramo principal Cruz Blanca-Las Minas (curva de la vaca, curva del Sr. Manuel Aviles, camino de romerillos antes del panteón) 2. En el tramo La Torre-Rinconada (ubicación conocida como el matadero). 3. En el tramo carretero Las Minas-Molinillos. En el tramo carretero Molinillos-Landaco. 4. En la localidad del pimiento (tramo conocido como el cerro cortado)
(3) PROTECCIÓN DE TALUDES EN CAMINOS CON RECUBRIMIENTO DE MAYA Y CONCRETO HIDRAULICO (200,000 M2)	Aislamiento de las comunidades; pérdidas humanas debido a los accidentes por deslaves y derrumbes	2,897 personas beneficiadas de prácticamente todas las localidades del municipio.	Proteger de la destrucción a la mayor parte de la red de caminos rurales de acceso a las comunidades de Las Minas	1. Tramo Las Minas-Cruz Blanca 2. Las Minas-Molinillos 3. El Pimiento-El Rio 4. La Torre-Rinconada 5. Las Minas-Pueblo Nuevo.
(4) VIVERO PARA LA PRODUCCIÓN DE ÁRBOLES DE ESPECIES NATIVAS CON UNA PRODUCCION DE 1´000,000 PLANTAS /AÑO	Pérdida de especies maderables y frutales Tala inmoderada por la fabricación de carbón.	Beneficio directo de 200 productores de carbón e indirectamente 500 productores más de las comunidades de Landaco, Huapala,	Reforzar la conservación de uno de los ecosistemas más complejo del estado de Veracruz: El bosque de niebla y arropar las laderas de árboles que prevengan los deslaves.	En la comunidad de Landaco

		Rinconada, Carboneras, Molinillos, Quiahuixcuautla, Romerillos.		
5.-PROMOCIÓN DE NUEVOS MODELOS DE CULTIVO EFICIENTES EN LA CONSERVACIÓN DEL SUELO, LA CAPTACIÓN DE AGUA Y LA DIVERSIFICACIÓN PRODUCTIVA (350 HAS.)	Abandono de parcelas de cultivo. Desempleo Falta de producción Falta de capacitación	150 productores de todas las localidades de Las Minas	Desarrollar opciones de generación de ingresos que combata la pobreza extrema y ayude a conservar los recursos naturales	Las 10 localidades, contando la cabecera municipal.
(6) PROGRAMA DE APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE ENERGÍA SOLAR PARA LA OPERACIÓN CONTINUA DEL SISTEMA DE RADIO COMUNICACIÓN DEL MUNICIPIO	Con los derrumbes y deslaves, los árboles que caen sobre el cableado eléctrico suspendiéndose la energía e interrumpiendo la comunicación con las comunidades.	Todas las localidades Las Minas Rinconada Romerillos Zomelahuacan Huapala Quiahuixcuautla Carboneras Molinillos Landaco El Pimiento Rancho de La Virgen (Tatatila) 2982 personas	Reducir vulnerabilidad	En todas las comunidades del municipio
(7) PROGRAMA DE CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN DE CUENCAS	Control de la erosión Falta de captación de agua	1500 productores	Mejoramiento de la captación de agua; Disminuir los niveles de erosión	Rinconada Romerillos Quiahuixcuautla
(8) CREACIÓN DE UNIDADES DE MANEJO (UMA)	Extinción de especies	3 UMA's, para propiciar la conservación de 3 distintas especies	Restaurar el orden o equilibrio biológico (cadena alimenticia)	Las localidades de: Huapala Quiahuixcuautla Zomelahuacan Landaco Pimiento

REFERENCIAS

Ayuntamiento de Tatatila. 2014. Programa Municipal de Protección Civil (2014-2017). Dirección General de Protección Civil. Tatatila

INEGI .2015. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. *Censos Económicos 2014. Resultados Oportunos de Veracruz de Ignacio de la Llave*. Febrero de 2015. INEGI. Aguascalientes, México. 35 p. http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ce/ce2014/?_file=/est/contenidos/proyectos/ce/ce2014/doc/rover.pdf (Consultada el 27 de agosto, 2015).

Piñar-Álvarez, M.A. 2012. "Turismo y medio ambiente: interacción, análisis y perspectivas en el Estado de Veracruz". En: Vela Martínez y González-Rebolledo (Coords.), Propuesta para el desarrollo estratégico de Veracruz 2010-2020. Secretaría de Educación de Veracruz, Xalapa/México. Pp. 247 a 304.

SECTUR y CESTUR 2007. Secretaría de Turismo y Centro de Estudios Superiores de Turismo. Elementos para evaluar el impacto económico, social y ambiental del turismo de naturaleza en México. México: Sectur y Cestur.http://www.sectur.gob.mx/index.jsp. Fecha de consulta: 14/6/2015)

MUNICIPIOS TECOLUTLA, GUTIÉRREZ ZAMORA Y SAN RAFAEL

I. CLIMATOLOGÍA REGIÓN TECOLUTLA – NAUTLA DE APOYO AL ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD REGIONAL

I.1. Objetivo

Proporcionar información climática de la región de estudio de apoyo al diagnóstico y caracterización de la vulnerabilidad de los municipios de Tecolutla y Gutiérrez Zamora pertenecientes a la tercera región administrativa del estado de Veracruz, denominada región Totonaca, y el municipio de San Rafael perteneciente a la cuarta región denominada Región de Nautla. Estos tres municipios forman parte de los identificados por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) como vulnerables dentro del estudio que desarrollaron y titularon "Vulnerabilidad al cambio climático en los municipios de México" realizado en 2013 (INECC, 2013)

La postura teórica y metodológica adoptada para el desarrollo del presente trabajo, consideró en primer lugar la definición de vulnerabilidad propuesta por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (2007), y en segundo lugar, los fines del trabajo; el proporcionar una climatología regional que apoye la identificación de amenazas climáticas que en el pasado han sido detonadores de desastres, así como los escenarios de cambio climático para los periodos 2015-2039 y 2075- 2099 para tres caminos representativos de emisiones de contaminantes al futuro.

Dado que el IPCC considera la vulnerabilidad al cambio climático como "el grado desusceptibilidad o incapacidad de un sistema para afrontar los efectos negativos del cambio climático", en este estudio se hará uso de herramientas estadísticas y de lametodología propuesta por Conde y López (2010, tomada del

IPCC, 2001) para definir eventos extremos, y para el análisis de cambios en el comportamiento medio y extremo de las variables climáticas se recurrirá al análisis de tendencias en las temperaturas máximas y mínimas y la precipitación, considerando parte de la metodología propuesta para la generación de índices de cambio climático (Vázquez, J, 2010).

Los valores extremos identificados mediante la distribución percentil de los datos, serán contrastados con información recopilada proveniente de fuentes alternas (boletines del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), publicaciones y notas periodísticas) con el fin de identificar algunos impactos que en el pasado han experimentado los sectores relacionados con el desarrollo de las localidades o de las regiones de interés.

Otra fuente de información considerada por este grupo de trabajo, ha sido la proveniente de encuestas aplicadas a pobladores y tomadores de decisiones. La encuesta elaborada por este grupo de trabajo se proporciona en el Anexo III de este documento.

I.2. **La región y su clima**

El área de estudio (figura 133) corresponde a un conjunto de tierras bajas que se extienden, pegadas al litoral del Golfo, sobre 995.8 Km^2. Dicha área corresponde a los municipios de San Rafael, Tecolutla y Gutiérrez Zamora, que en 2010 contaban con 78,756 habitantes, agrupados básicamente en sus respectivas cabeceras municipales (82% del total), dejando entonces una población rural de 13,999 habitantes y una densidad en el campo de 14 Hab/Km^2.

Estas llanuras costeras se conformaron por antiguas playas que fueron ganando terrenos al mar, guardando en su interior una serie de zonas inundables que discurren entre la actual línea de costa y los pequeños lomeríos bajos de tierra adentro, elevaciones que no logran rebasar los 60 metros sobre el nivel del mar. Dichas áreas de inundación intermitente recogen las aguas de varios escurrimientos, conectan con algunos esteros y también con las desembocaduras de los ríos Tecolutla, al norte del área de estudio, y Nautla, al sur. Los efluentes guardan las características propias de los paisajes de bocana en el Golfo veracruzano: sistemas meándricos con brazos, barras y lagunas costeras en proximidad. A lo largo del litoral se han desarrollado una serie de asentamientos humanos con crecientes actividades turísticas conocido como Costa Esmeralda.

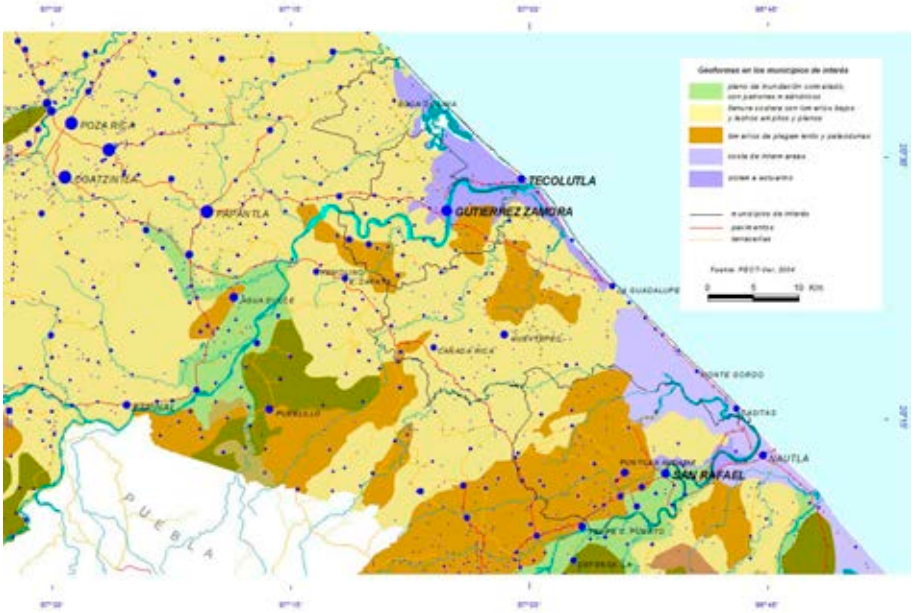


Figura 133. Geoformas dominantes en el área de estudio

Dada la importancia que tienen la identificación de las características internas y externas presentes en una región que en el pasado al interaccionar han expuesto su vulnerabilidad y capacidades de adaptación ante amenazas climáticas, se proporciona una descripción de los municipios antes mencionados (ver figura 1) sobre aspectos generales (geográficos, hidrológicos, poblacional, de

uso de suelo y climático) y de aquellos identificados por la administración municipal, como importantes por las problemáticas asociadas con el desarrollo del municipio.

I.2.1. **El municipio de Tecolutla**

Se encuentra en la zona centro de estado de Veracruz, limitando al norte con el municipio de Papantla, al este con el Golfo de México, al oeste con los municipios de Gutiérrez Zamora y Papantla, y al sur con los municipios de San Rafael y Martínez de la Torre. Su superficie es irrigada por pequeños arroyos tributarios del río Tecolutla[1]. Cuenta con 207 localidades registradas, 205 en zona rural y 2 en la cabecera municipal. La población total del municipio registrada en 2010 fue de 25 126 habitantes y la estimada al 2014 de 25732 habitantes[7].

El municipio de Tecolutla tiene un alto grado de marginación. El 77% de la población del municipio se encuentra en situación de pobreza, la infraestructura educativa presenta problemas de equipamiento y los planteles son considerados insuficientes, y más del 11 % de la población con edades entre 15 años y más, son analfabetas[1].

En el ámbito de los servicios de salud, el 56% de los habitantes cuenta con algún servicio y los habitantes de las comunidades reciben atención a través de dispensarios médicos[1].

Respecto a viviendas y servicios básicos, este municipio presenta un déficit en las ofertas por lo que el 70.9% de la población carece del servicio de agua

[7] H. Ayuntamiento de Tecolutla. http://www.orfis.gob.mx/planes-municipales-14-17/164_PM.pdf

potable entubada, y del total de viviendas el 29.1% no cuentan con servicio de drenaje[1].

En cuanto a las actividades relacionadas con los aspectos económicos y de desarrollo regional, en el texto del Plan de Desarrollo Municipal 201-2017[1], se hace mención que la actividad económica más importante es la turística (superando a la actividad agropecuaria). Este municipio cuenta con 55km de playa dividida en dos grandes zonas: Costa Esmeralda, y la Villa y Puerto de Tecolutla

El principal recurso natural del municipio son las tierras fértiles destinadas a la agricultura y ganadería. La producción agrícola contempla los cultivos de maíz, chile, frijol, plátano Roatán, vainilla, caña de azúcar, tabaco, piña, sandía, jícama, naranja, limón, toronja mandarina y coco. Su actividad agrícola es considerada como compleja, “por las características del entorno y por la práctica de cultivos de temporal con alto riesgo de siniestros por las sequias”. En la actividad pecuaria se realizala cría de bovinos, porcinos y de gallináceas[1]. De acuerdo al Monitor de Sequía en este municipio en 2008 y 2009 se presentaron condiciones de anormalmente seco a moderado y en 2011 las condiciones de sequía fueron severas[8].

Dentro de los productos de pesca, por importancia económica destaca la Tilapia y en los recursos forestales, el municipio no cuenta con un programa de reforestación o de pago por servicios ambientales a pesar de contar con área de bosque de Mangle en la cabecera municipal, Río Blanco, La Guadalupe, Casitas, Boca de Lima, La Victoria y Riachuelos[1].

[8] En 2002, expertos de los Servicios Meteorológicos de Canadá, Estados Unidos y México dan inició a la operación del denominado “Monitor de Sequía de Norteamérica” (NADM, por sus siglas en inglés), cuyo objetivo es la evaluación mensual e integrada de la magnitud y extensión espacial de la sequía para su planificación, respuesta y mitigación a nivel nacional, regional y local (Lawrimoreet al., 2002, citado en PRONACOSE 2013).

I.2.2. **El municipio de Gutiérrez Zamora**

Se ubica sobre la llanura costera del Golfo de México y en la Subprovincia de llanuras y lomeríos. Las elevaciones más importantes son el Cerro de la Cruz, el Cerro del Aguayo y el Cerro de la Bandera[9]. Limita al norte, este y sur con el municipio de Tecolutla, y al oeste con el municipio de Papantla, como se parecía en la figura 1.

La superficie del municipio se encuentra regada por el río Tecolutla y sus afluentes, los cuales presentan contaminación que impacta en la pérdida gradual de su flora y fauna nativa, y por ende en el microclima de la zona. Dentro de las corrientes fluviales perennes de mayor importancia se encuentran los ríos Vinazco, Pantepec, Cazones Necaxa y Jajalpa. Los arroyos principales son: Mafafas, Cepillo y Grande[3].

En el texto del Plan de Desarrollo Municipal 2014-2017[2] se menciona que las depresiones que se encuentran en las márgenes de los ríos son zonas susceptibles de inundación, principalmente las de las márgenes del río Tecolutla. En el área urbana habita el 56.05% de la población total municipal y el 43.95% en zonas rurales.

Del total de la población el 3.20% corresponde a población indígena.El 42.2% de la población de 15 años y más carece de la educación básica completa y la tasa de analfabetismo se sitúa por debajo de la media del estado de Veracruz en un (9%).El 64.5% se encuentra en situación de pobreza.

[9] Plan de Desarrollo Municipal de Gutiérrez Zamora 2010-2017. http: http://www.gutierrezzamora.gob.mx/3.%20PLAN%20MUNICIPAL%20DE%20DESARROLLO%20FINAL%202014-2017%20GUTI%C3%89RREZ%20ZAMORA.pdf

El 42.64% de la población carece de derechohabientica de servicios de salud, lo cual afecta directamente a 10,383 personas. El 29.1% de la población es vulnerable por carencias sociales y el 1.4% es vulnerable por ingresos. Sólo el 5% es población es no pobre y no vulnerable. El grado de grado de marginación es medio y ocupa el lugar número 154 en el ámbito estatal.

En cuanto a las actividades relacionadas con los aspectos económicos y de desarrollo regional, se tiene el desarrollo de la agricultura de temporal, principalmente en las zonas oeste y en la suroeste y centro del municipio destacando los cultivos de maíz, caña de azúcar, papaya, mango y naranja dulce, para fines comerciales y de autoconsumo. En la zona norte y la sureste del municipio se localizan las áreas de pastizal cultivado y se destina una superficie de 7,629.10 hectáreas a la ganadería con 1058 unidades de producción rural[3].

I.2.3. **El municipio de San Rafael**

Se ubica en la región centro—norte del Estado de Veracruz (figura 1). Limita al norte y noreste con el municipio de Tecolutla, al sur con los municipios de Misantla y Nautla, al sureste con el municipio de Nautla, y al oeste con el municipio de Martínez de la Torre. Fue declarado municipio libre y soberano el 15 de diciembre de 2003[10].

De importancia resalta la descripción que en el texto del Plan de Desarrollo Municipal 2014-2017[4] se hace sobre los escurrimientos generados por las estribaciones de la Sierra Madre Oriental, ya que dan lugar a la formación de arroyos y esteros que dan lugar a zonas de inundación por la baja pendiente de

[10] Plan de Desarrollo Municipal de San Rafael 2014-2017. http://www.orfis.gob.mx/planes-municipales-14-17/147_PM.pdf

las tierras en las que se encuentran. Desde el punto de vista de la Protección Civil estos cuerpos son de rápida respuesta ante lluvias fuertes, situando a la población asentada cerca de las márgenes en condición de vulnerabilidad[4].

Su superficie es irrigada además por el río Nautla y el río Bobos. El Estero Tres Bocas es considerado como el cuerpo de agua más importante en el municipio. Las áreas de inundación y de pantanos se ubican en zonas cuyas alturas son de 5 metros sobre nivel medio del mar[4].

La actividad económica de este municipio depende en un 90% del sector agropecuario.Su producción agrícola se basa en el cultivo de cítricos, plátano, tabaco, caña de azúcar, vainilla, maíz, frijol, Jamaica real, lichi y limón persa.El limón es un cultivo de exportación hacia mercados de Estados Unidos, Francia y Japón.Su producción ganadera de bovinoes destinada al consumo local y nacional y la producción de ganado de registro es destinada a exposiciones ganaderas.

Dentro de los aspectos educativos, de salud y de marginación, en el texto del Plan se menciona que el 70% de las escuelas se encuentran en malas condiciones; una tasa de analfabetismo del orden de un 11.70% en personas de 15 años o más, y que para una población estimada en 29277 habitantes en el municipio sólo se cuenta con 4 unidades de consulta externa y 8 Casas de Salud ubicadas en algunas comunidades.Otras carencias que se tienen son en el rubro de acceso a la seguridad social y en el de acceso a servicios básicos de vivienda.

I.3. **Clima observado**

Para este estudio se consideró la región comprendida entre los 19° 30’ y 20° 30’ de latitud norte y los 96° 15’ y 97° 15’ de longitud oeste para la generación de la

cartografía y la consideración de la región Tecolutla dentro del contexto hidrogeográfico.

En la figura 134 se proporciona la ubicación de las estaciones climatológicas utilizadas para el análisis; así como los niveles altitudinales presentes. En ella se observa que en la región predominan los niveles entre los 0 y 100 metros, y las altitudes mayores se encuentran en el rango de los 100 a 300 metros. El cuadro 60 contiene la información sobre los periodos de registro de las estaciones climatológicas utilizadas en el estudio y su ubicación en el contexto hidrológico.

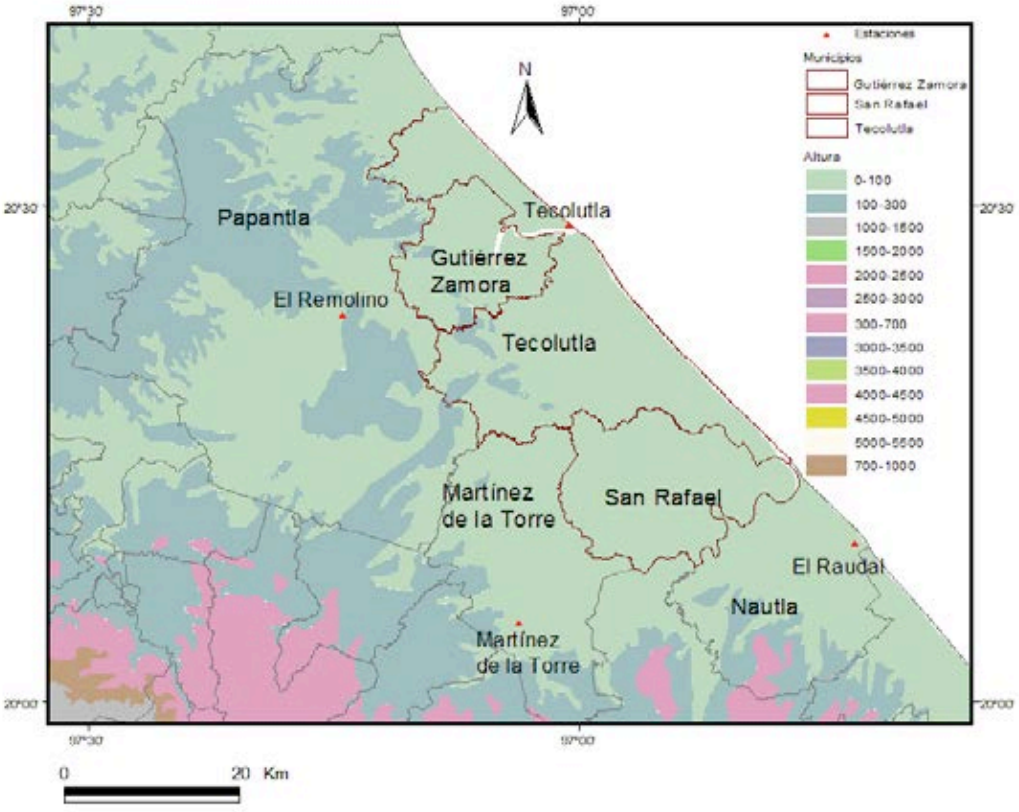


Figura 134. Niveles altitudinales presentes en la región Tecoluta y estaciones climatológicas.

Cuadro 60. Estaciones climatológicas utilizadas para generación del escenario base observado.

Clave	Estación	Municipio	Cuenca	Inicio	Latitud norte	Longitud oeste	Altura (msnm)
30054	El Raudal	Nautla	Río Nautla	01/01/1961 operando	20°09’22’’	96°43’16’’	10
30055	El Remolino	Papantla	Río Tecolutla	01/01/1961 continúa operando	20°23’15’’	97°14?36’’	119
30102	Martínez de la Torre	Martínez de la Torre	Río Nautla	01/12/1954 continúa operando	20°04’45’’	97°03’50’’	89
30171	Tecolutla	Tecolutla	Río Tecolutla	01/07/1926 continúa operando	20°28’45’’	97°00’35’’	7

Considerando los fines de este trabajo, el escenario base-observado se construyó a partir de datos diarios de temperatura (mínima y máxima) y de precipitación registrados en las cuatro estaciones climatológicas contenidas en la cuadro anterior. Las bases utilizadas se obtuvieron de la información disponible en línea del Servicio Meteorológico Nacional (SMN).

Con el fin de poder compara el escenario base obtenido de la página del IMTA con el escenario base observado, se seleccionó el periodo 1950 al 2000 para crear los mapas mensuales y estacionales de las variables climáticas antes mencionadas.

La estadística descriptiva se consideró como una herramienta para el análisis de variaciones respecto a una media, la tendencia y la identificación de cambios en el comportamiento de los datos, que pudieran estar asociados a fenómenos atmosféricos que han impactado a la región (ver carpeta 1).

El mapa de climas muestra las áreas abarcadas por los climas predominantes de acuerdo a la información de CONABIO. Como se aprecia en la

figura 135 en los municipios de interés predomina el clima cálido húmedo. El cuadro 61 contiene la descripción de los tipos y subtipos presentes en la región de estudio.

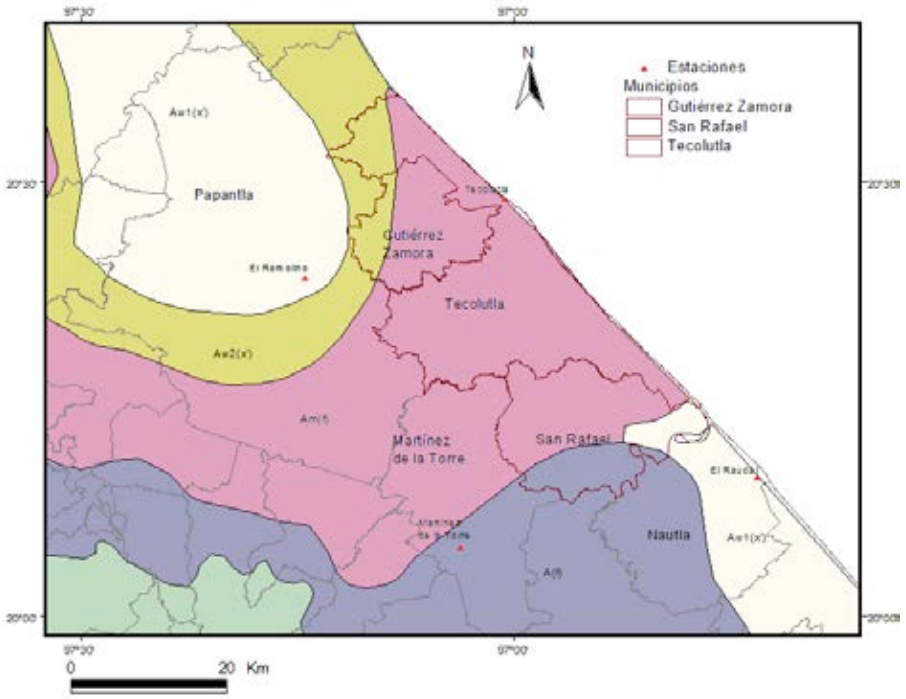


Figura 135. Climas en la región Tecolutla. Fuente: E. García-CONABIO, 1998, esc 1:1000,000 publicado en 2001

Cuadro 61. Tipos y subtipo de los climas que se encuentran en la región al sistema de Köppen modificado por García (1988).

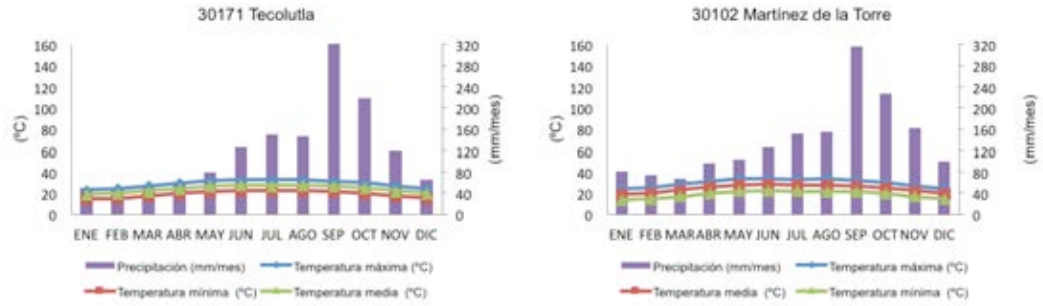
A(f)	Cálido húmedo, temperatura media anual mayor de 22ºC y temperatura del mes más frio mayor de 18ºC. Este tipo de clima se encuentra presente entre los
Am(f)	Cálido húmedo, temperatura media anual mayor de 22ºC y temperatura del mes más frio mayor de 18ºC.
Aw1(x')	Cálido subhúmedo, temperatura media anual mayor de 22ºC y temperatura del mes más frio mayor de 18ºC.
Aw2(x')	Cálido subhúmedo, temperatura media anual mayor de 22ºC y temperatura del mes más frio mayor de 18ºC.

En el cuadro 62 se proporciona la información obtenida del análisis de los climogramas para el periodo de registro 1950-2000, de las estaciones

climatológicas mencionadas anteriormente. Los gráficos correspondientes a los climogramas se proporcionan en la figura 136.

Cuadro 62. Climas por estación climatológica de acuerdo al sistema de Köppen modificado por García (1988).

Estación/datos	Tecolutla	El Raudal	Martínez de la Torre	El Remolino
Altitud (msnm)	7	10	89	119
T media anual (°C)	23.9	23.7	24.4	24.3
Temperatura media del mes más frío y mes en que se presenta.	18.7 enero	18.5 enero	19 enero	18.9 enero
Temperatura mediadel mes más caliente y mes en el que se presenta.	27.4 junio y agosto	27.2 junio	28.3 junio	28.1 mayo
Precipitación total anual (mm)	1451	1630	1660.5	1319
Precipitación del mes más seco y mes en el que se presenta.	50.1 febrero	63.1 marzo	67.2 marzo	47.3 marzo
Precipitación del mes más lluvioso y mes en el que se presenta.	332.7 septiembre	312.6 septiembre	317.2 septiembre	270.8 septiembre
% de lluvia invernal	10.4	13.3	13.4	12
Determinación del régimen de lluvias.	De verano	Intermedio	Intermedio	Intermedio
Corresponde a un a clima seco.	no	no	no	no
Grupo de clima.	Cálido	Cálido	Cálido	Cálido
Subgrupo húmedo o subhúmedo.	Subhúmedo	Húmedo	Húmedo	Subhúmedo
Cociente Pc/T	60.7	68.8	68.0	54.3
Presenta canícula	En agosto	no	no	En julio
Oscilación térmica anual.	8.7 extremoso	8.7 extremoso	9.3 extremoso	9.2 extremoso
Tipo y subtipo de clima	Am(f)	Aw1(x)	A(f)	Aw1(x)



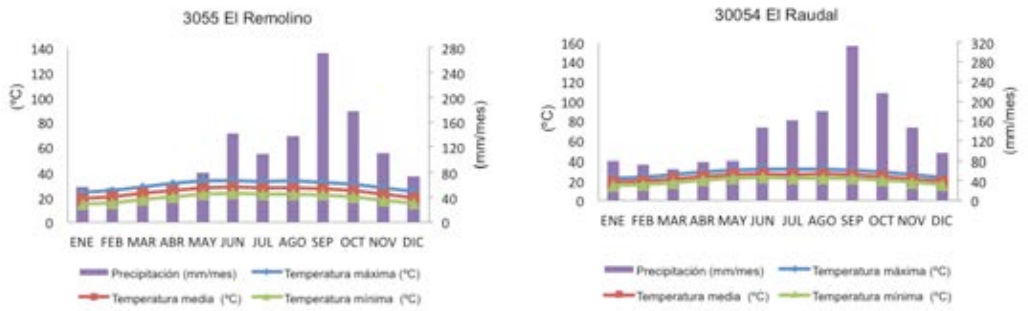


Figura 136 Climogramas correspondientes a las estaciones climatológicas: Tecolutla, Martínez de la Torre, El Remolino y El Raudal. Periodo 1951-2000.

Del análisis de los cuatro climogramas se encuentra que la canícula se presenta en el mes de agosto en Tecolutla y en Papantla durante el mes de julio. En las dos estaciones ubicadas al sur de la región no se presenta esta amenaza climática.

Cabe mencionar que las estaciones climatológicas Tecolutla y El Raudal se encuentran muy cercanas a la costa del Golfo de México, por lo que se encuentran expuestas al impacto de las precipitaciones generadas por el paso frentes fríos y ciclones tropicales; así como a los flujos de humedad asociados a los vientos alisios y los sistemas convectivos generados por contraste térmicos entre zonas marítimas y terrales.

En las figuras 5 y 6 se muestra los mapas de viento para los meses representativos de las estaciones del año. Para la elaboración de los mapas que incluyen los datos de viento y topografía fueron utilizados datos del reanálisis MERRA (MODERN-ERA RETROSPECTIVE ANALYSIS FOR RESEARCH AND APPLICATIONS) de la NASA y del Proyecto ETOPO1 Global ReliefModel de la NOAA respectivamente.

Para el campo de topografía se usaron datos del proyecto ETOPO1 de NOAA, ya que cuenta con una excelente resolución. Para el despliegue de los

datos se utilizó el software denominado como GrADS (GridAnalysis and DisplaySystem). Después de desplegar los datos de topografía se desplegó sobre él el campo de vientos, obtenidos del reanálisis denominado MERRA de la NASA, con una resolución de 0.5° por 0.5° a 10 m de altura en periodo diario desde enero de 1981 a diciembre de 2010, obteniendo un total de 10958 archivos de datos.

Estos datos fueron promediados mediante la creación de un "archivo de control" (.ctl), cuya función es agrupar todos los archivos de la muestra en uno sólo, para posteriormente hacer el promediado vectorial, con la finalidad de obtener el viento promedio del periodo antes mencionado. Posteriormente fueron reinterpolados a una resolución de 0.15° por 0.15° mediante una herramienta que proporciona "OpenGrADS" denominada "regrid", para poder ser desplegados sobre el campo de orografía.

En la figura 137a) correspondiente a la primavera, se observa que en la zona de barlovento predomina el flujo de vientos de componente sureste y que la saliente de la sierra en dirección al mar propicia una zona de confluencia de estos vientos en dirección de la gran sierra. En la zona de sotavento el viento tiene componente suroeste.

Los vientos alisios generalmente se establecen a partir de junio y soplan desde el Golfo de México hacia la parte continental del territorio mexicano. Jáuregui (2003) señala que al ingresar estos vientos húmedos al continente, se presentan aguaceros y la variación diurna de la temperatura es de pocos grados durante el periodo lluvioso.

En la imagen correspondiente al verano (figura 137b) la región de estudio se encuentra bajo el paso de los vientos alisios más intensos que en la primavera. Hacia la zona sur respecto a la saliente hacia el mar, los vientos son menos

intensos, lo cual podría dar dando lugar a más lluvias orográficas hacia la zona sur de la región asociada al transporte de aire húmedo por estos vientos.

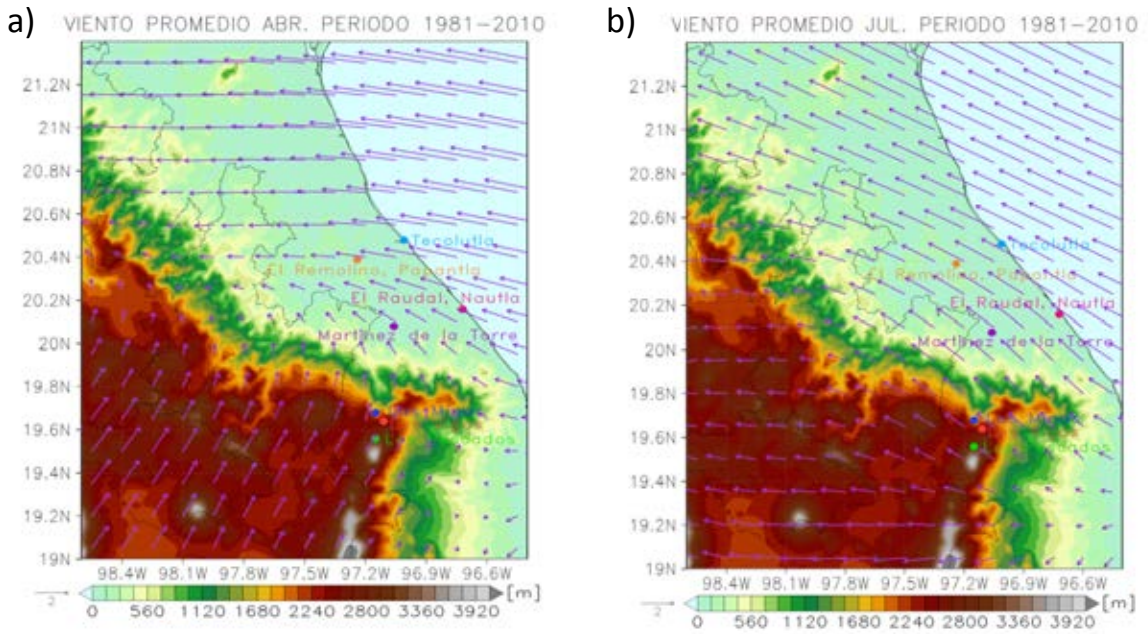


Figura 137. Vientos promedio para: a) Mes representativo de la primavera y b) Mes representativo del verano. Periodo 1981-2010.

Durante el otoño (figura 138a) el campo de vientos sobre la región de estudio son del noreste y de baja intensidad fluyendo hacia la zona de sotavento de la gran sierra. Hacia la parte sur de la saliente de esta sierra hacia el mar los vientos presentan una recurvatura ciclónica que propicia el que adquieran componente norte.

En la situación de invierno (figura 138b), los vientos predominantes son del noreste y continúan presentando baja intensidad.En la zona de la saliente de la cordillera hacia el mar, se observa un efecto de difluencia en el viento y vientos menos intensos que adquieren además, una curvatura ciclónica en la región marítima y en la línea de costa. Sobre la parte continental y en las cercanías de la

sierra la intensidad disminuye, y hacia la zona sur de la saliente los vientos son del norte.

Sobre el comportamiento del viento en la región de estudio, se puede resumir que durante la primavera, verano y otoño predominan el flujo de los vientos alisos, y durante el invierno los vientos del norte.

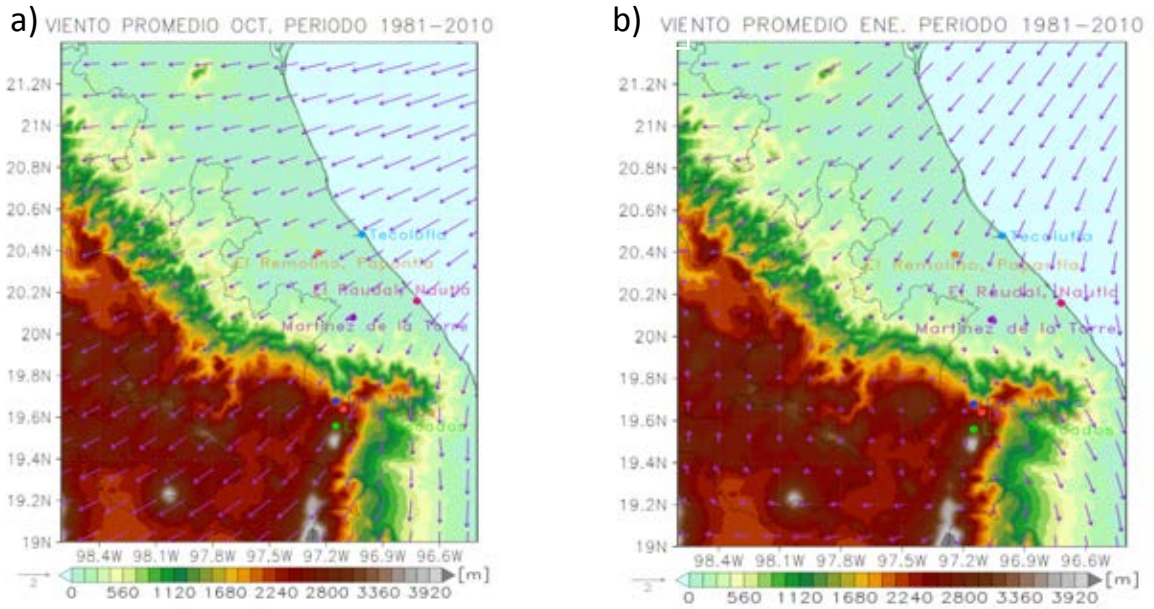


Figura 138. Vientos promedio para: a) Mes representativo del invierno y b) Mes representativo del otoño. Periodo 1981-2010

I.4. **Sistemas de circulación**

A partir de las figuras 5 y 6 que muestran el comportamiento del viento promedio sobre la región Tecolutla, ésta se encuentra expuesta el flujo de los vientos alisos durante gran parte del año. La presencia, recorrido e intensidadde estos vientos depende de la ubicación y potencia de la alta presión del Atlántico Norte, pudiendo adquirir estos vientos en el invierno dirección noreste o este-noreste en el hemisferio Norte (Cuadrant y Pita, 1997).

Además por la ubicación de la región respecto al flanco oeste del anticiclón, se encuentra influenciada por la incursión de masas de aire marítimo tropical y por la humedad transportada por estos vientos, la cual al enfrentarse con barreras orográficas, dará lugar a lluvias que condicionaran las condiciones de humedad de la región de estudio.

La condición de vientos, temperaturas y precipitación durante los meses de octubre a mayo también dependerá del paso de las masas de aire polar en forma de frentes fríos denominados Nortes, y de la invasión de aire frío asociado al paso de vaguadas polares (Tejeda *et al*., 1989).

I.4.1. **Ondas del este y ciclones tropicales**

Dentro del flujo de los vientos alisios se llegan a desarrollar perturbaciones que adquieren forma de vaguadas abiertas (que forman ondas) de relativa poca amplitud.De acuerdo a Jáuregui (2013), las velocidades de desplazamiento pueden llegar a ser de entre 500 y 600 km por día.

Estas perturbaciones pueden llegar a convertirse en ciclones tropicales (depresiones tropicales, tormentas tropicales o huracanes) y afectar la región de estudio. Tejeda *et al.,* (1989) mencionan que las depresiones o las tormentas tropicales que haningresado o pasadocerca del territorio veracruzano, dejan cantidades considerables de lluvia, sobre todo el mes de septiembre.

Como ejemplo de las condiciones en el estado del tiempo y de los impactos que pueden generar la interacción de ondas tropicales y canales de baja presión en las cercanías del litoral veracruzanose exponen las condiciones prevalentes el

9 de julio de 2015 asociadas con del paso de la onda tropical No. 14 sobre la parte sur de México y la presencia de un canal de baja presión localizado al suroeste del Golfo de México. La imagen de satélite se proporciona en la figura 7.

- Condiciones para el desarrollo de nublados y del potencial de lluvias, acompañadas de actividad eléctrica y viento en rachas, en la zona montañosa central y sur de Veracruz.
- Acumulados puntuales muy fuertes (50 A 75 mm), hacia el fin de semana, incrementando el potencial al paso de la Onda tropical.
- Viento del norte y noreste de 20 a 30 km/h con rachas en las zonas de tormenta en Veracruz.
- Condiciones de ambiente diurno cálido en regiones montañosas y caluroso a muy caluroso en planicies y costa.

Para el día 10 de septiembre se pronosticaba para la región montañosa central y partes altas de las cuencas de los ríos Papaloapan, Coatzacoalcos y Tonalá, incluyendo la región de los Tuxtlas, el desarrollo de nublados y del potencial de lluvias y chubascos acompañados de actividad eléctrica y viento en rachas por forzamiento orográfico.

Para las partes altas de las cuencas de los ríos Tuxpan, Cazones, Tecolutla, Nautla y Misantla se podrían presentar lluvias fuertes con acumulados puntuales de 25 a 50 mm, y para las zonas de planicies y costas de la entidad veracruzana acumulados menores a 25 mm.

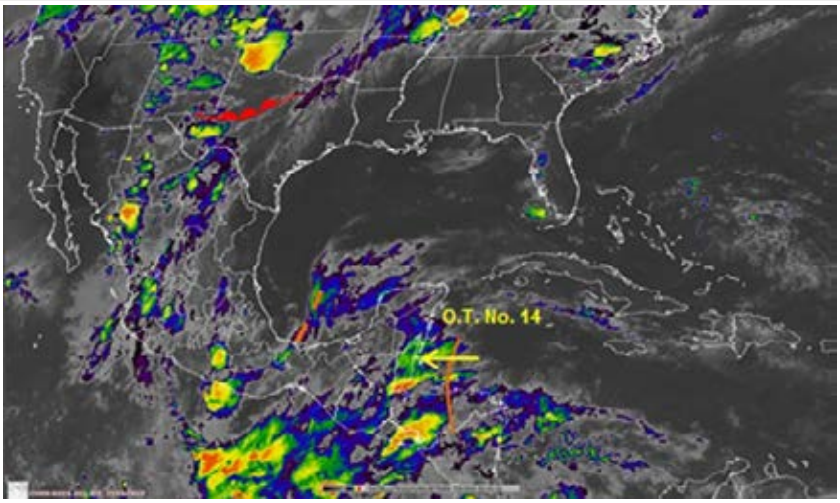


Figura 139. Canal de baja presión en el suroeste del Golfo de México y onda tropical No.14. 9 de julio de 2015.Imagen tomada de http://elpinerodelacuenca.com.mx/epc/index.php/estado-del-tiempo/97351-2015-07-09-14-39-28

En 2003, Jáuregui encuentra a partir de un análisis que realiza sobre el potencial de daño de huracanes que incursionaron durante 1950-2000 a México, que las trayectorias provenientes de Pacífico y del Atlántico se han incrementado en número durante los años noventa, y que en particular los del Pacífico se incrementaron en la última década.

Cabe mencionar que la región Tecolutla, se encuentra entre la envolvente con valores de 80 por ciento de probabilidad de afectación por la trayectoria de un sistema ciclónico proveniente de entre los 13° 15’ y 15° de latitud norte; esto considerando el mapa de áreas de probabilidad de empírica de impacto de ciclones tropicales en las ciudades de Poza Rica, Tuxpan y alrededores, construido por Palma (*et al*. 2012), considerando un radio de afectación de 110 km para tres puertos del estado de Veracruz y el puerto de Tampico, considerando las trayectorias de los ciclones tropicales (CT) en el periodo 1851-2011 (ver figura 140).

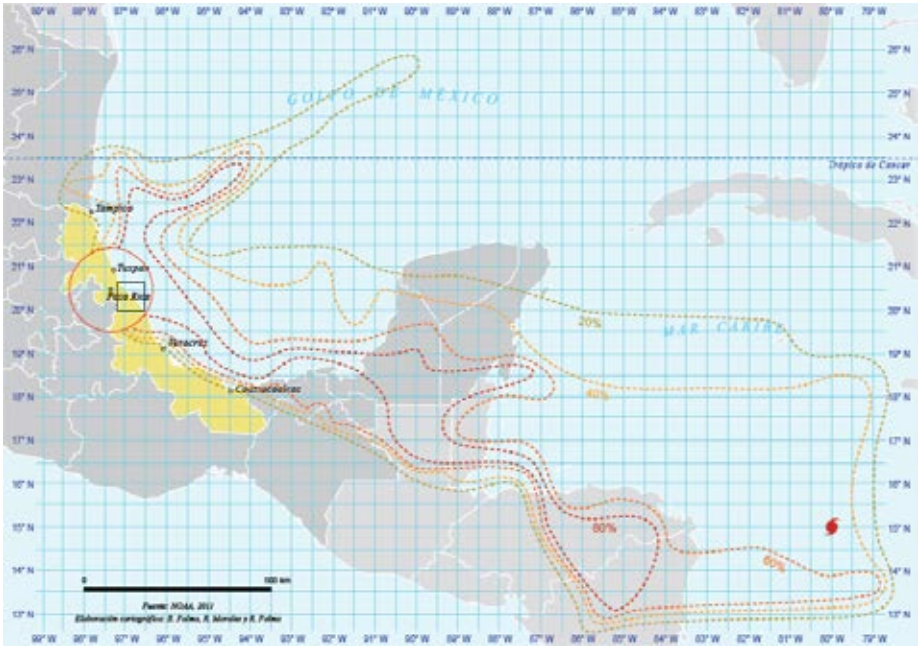


Figura 140.Región de estudio y las áreas de probabilidad de impacto ciclónico para las ciudades de Poza Rica, Tuxpan y alrededores[11].

En la figura 141 se proporciona a manera de ejemplo la trayectoria del ciclón tropical Edouard formado en la parte oeste del Golfo de México el 14 de septiembre de 1984, e ingresaa costa veracruzana. Este sistema se forma el a una distancia de 120 km al este de Punta Delgada, Veracruz.

De acuerdo a Díaz y Rivera (2012), Edoward se debilita y disipa en el suroeste del Golfo de México y llega a ocasionar el desbordamiento de los ríos Pánuco, Bobos, Tecolutla y Cazones. Estos autores mencionan que dentro de las afectaciones que dejó este sistema se registró el aumento del nivel del agua en 1.5 metros en San Rafael, Ver; así como afectaciones en Martínez de la Torre a zonas ganaderas y agrícolaspor las inundaciones. Se estima que en la región norte del estado se registraron más de 30 mil damnificados.

[11] http://peccuv.mx/probabilidad-de-impacto-de-ciclones-en-veracruz/probabilidad-empirica-de-impacto-de-ciclones-tropicales-en-las-ciudades-de-poza-rica-tuxpan-y-alrededores/

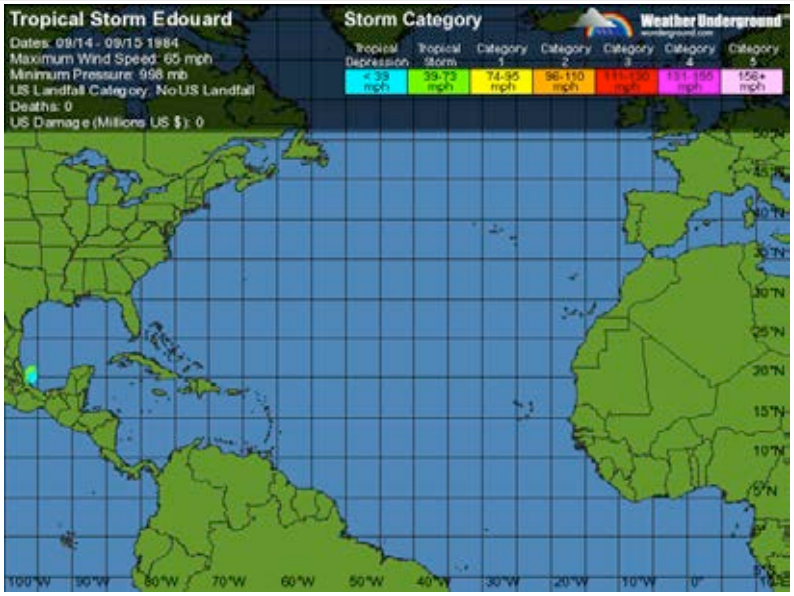


Figura 141. Trayectoria tormenta tropical Edouard. Septiembre de 1984. Fuentehttp://www.wunderground.com/hurricane/atlantic/1984/Tropical-Storm-Edouard.

Por tanto, la región de estudio resulta vulnerable al paso de los ciclones tropicales, los cuales se presentan dentro del periodo mayo a noviembre. En la figura 142 se muestran las trayectorias de los sistemas ciclónicos que incursionaron dentro de la región de estudio en el periodo 1888-2011.

Figura 142. Trayectorias de sistemas ciclónicos tropicales que ingresaron a la región de estudio durante el periodo 1851-2011.

Los autores antes mencionados documentan sobre estos sistemas lo siguiente en cuanto a su trayectoria o impactos:

- Huracán de 1866. Se forma el día 13 de agosto, al occidente del Arco de las Antillas Menores. Para el día 17 ingresa a la costa veracruzana a la altura de Nautla, Ver., como sistema debilitado para continuar su trayectoria hacia la Sierra Madre Oriental.

- Tormenta Tropical 1933. Se forma al noreste del Arco de las Antillas Menores el día 14 de julio. Cruza el mar Caribe y para el día 20 ingresa a la costa veracruzana por la parte norte del estado, a la altura de Tecolutla, Ver.

- Huracán de 1936. Se forma al oeste del mar caribe el 28 de agosto. Alcanza la categoría de huracán dentro de la Sonde de Campeche, y para el día 30 impacta la costa veracruzana ingresando a la altura de Tecolutla, Ver.

Tormenta Tropical Florence de 1954. Se forma el 11 de septiembre en la porción suroeste del Golfo de México; alcanza la categoría de huracán y para el día 12 impacta la costa veracruzana ingresando a la altura de Nautla, Ver., continuando su trayectoria hacia Martínez de la Torre y Tlapacoyan.

- Huracán Dean de 2007. Se forma en el océano Atlántico el 13 de agosto. Para el día 21 se ubica con categoría de huracán (categoría 5) frente a las costas de Quintana Roo y en su trayectoria cruza el Golfo de México con categoría 1 y el 22 ingresa a la costa veracruzana a la altura de Tecolutla. Este ciclón ocasionó inundaciones en gran parte del estado de Veracruz por la lluvia asociada y pérdidas en el sector agrícola y ganadero. De acuerdo a estos autores en Nautla se dañaron albergues y se evacuaron a 1200 familias.

En la figura 143 se muestra la distribución espacial de la precipitación acumulada a partir de la fecha de ingreso a costa veracruzanas de este huracán

(categoría 5) hasta dos días posteriores. En ella se aprecia a que los mayores acumulados de precipitación se centran sobre la estación de El Remolino, Papantla, la cual corresponde a la parte alta de la región de estudio. Hacia la zona de costa, se tiene un segunda máximo de precipitación sobre la estación Tecolutla y un mínimo hacia las estaciones de Martínez de la Torre y Nautla (99 a 115 mm). Como se mencionó en el párrafo anterior la región este sistema dejó cantidades considerables de precipitación, las cuales impactaron negativamente a gran parte del estado de Veracruz.

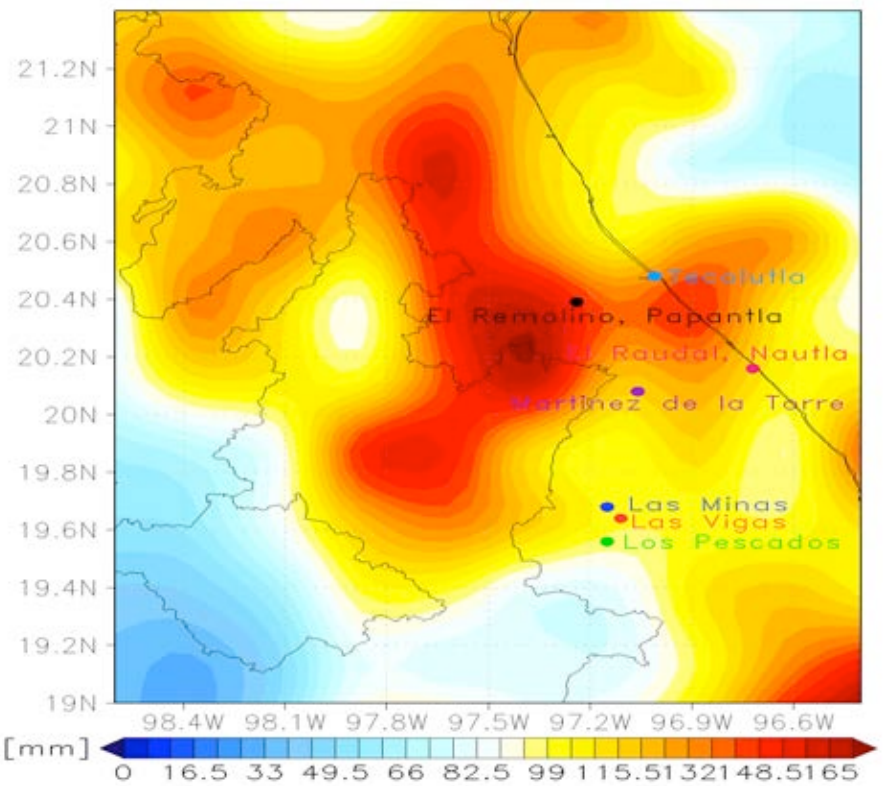


Figura 143. Precipitación acumulada (mm) del 22 al 24 de agosto de 2007.

- Huracán Lorenzo de 2007. Se forma en la porción oeste del Golfo de México el 25 de septiembre. El día 27 adquiere una trayectoria similar a Dean, e ingresa el día 28 a la costa veracruzana a la altura de Tecolutla.

López y Acevedo (1995) realizan para el estado de Veracruz, un análisis de las zonas más vulnerables por efecto de inundación de las riveras de los principales ríos del Estado e identifican los municipios más susceptibles a inundaciones, considerando información del periodo 1984 a 1994. Dentro de los resultados hacen mención que las cuencas de los ríos Tecolutla, Nautla y cazones fueron seriamente afectadas en 1990 tras el paso del huracán Diana, huracán que dejó 129 565 damnificados y 8 defunciones a nivel estatal.

Mencionan que la cuenca del Nautla fue afectada por el desbordamiento de ríos y por diversos fenómenos hidrometeorológicos en 1990, 1992 y que en general las cuencas de los ríos Cazones, Tecolutla y Nautla son consideradas zonas de riesgo por inundaciones. En el caso del Cazones, identifican que los municipios de Poza Ricay Cazones anualmente son afectados por lo menos por una inundación, y los municipios de Tihuatlán, Coatzintla se encuentran dentro de los de riesgo por inundación.

Para la cuenca del río Tecolutla, encuentran que los municipios de Gutiérrez Zamora, Espinal, Tecolutla, Papantla y Coxquihui son los que registran mayor afectación por inundaciones, y respecto al municipio de Tecolutla resaltan que las colonias Cándido Aguilar y Hernández Ochoa son las mayormente afectadas, así como los ejidos La Victoria, Casitas, Río Blanco y Boca Cima.

En el caso de la cuenca del río Tecolutla, encuentran que los municipios de que los municipios de Nautla, Martínez de la Torre, Misantla, Juchique de Ferrer, Vega de Alatorre y Tlapacoyan son los afectados por inundaciones; en el caso de los dos primeros se registra una frecuencia de dos inundaciones por año. En el caso del municipio de Martínez de la Torre destacan que las colonias La Soledad, El Pital, Paso Largo, Barrio Negro y Vega Negra son las mayormente afectadas,

así como las congregaciones San Rafael (actualmente municipio), Villa Independencia y Colonia Ejidal.

Dentro de la estimación de afectaciones anuales a la población y actividad agrícola encuentran con base a los datos del periodo 1985- 1995, que en los municipios de Nautla y Martínez de la Torre se afectó a un número igual de habitantes (1000) y un total de 2592 hectáreas el primer municipio, y 2837 hectáreas en el segundo.

A manera de ejemplo sobre las cantidades de precipitación pluvial que pueden acumularse en la región de estudio tras el paso de ciclones tropicales, se proporcionan la figura 144, las cuales contienen los mapas de la precipitación acumulada y trayectorias para tres sistemas que se presentaron en 2013 en la cuenca del Atlántico Norte. La figura 12 corresponde a la Tormenta Tropical Barry cuya trayectoria se registró del 20 al 22 de junio.

La figura 144 muestra que el paso de la TT Barry (17 a 19 de junio) propició que en la zona de Tecolutla se pudieran registrar de entre 288 a 324 mm, en los tres días posteriores al paso del sistema; mientras que en la zona Martínez de la Torre a Nautla acumulados de entre 216 a 252 mm.

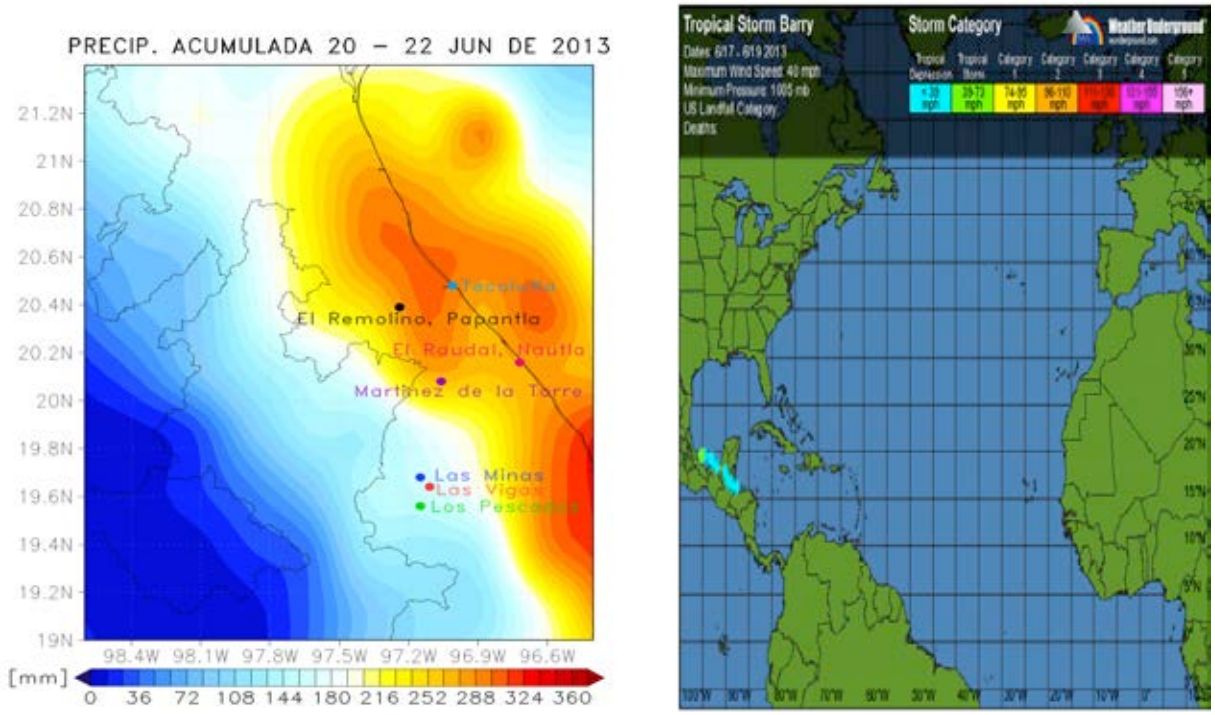


Figura 144. Trayectoria de la TT Barry y precipitación acumulada (mm) del 20 al 22 de junio2013. Imagen de trayectoria tomada de http://www.wunderground.com/hurricane/atlantic/2013.

La figura 145 corresponde al caso de la TT Fernand (25 a 26 de agosto) la cual propició acumulados de precipitación de entre 144 a 168 mm en áreas ubicadas entre El Remolino y Tecolutla en dirección a la zona de costa. En la figura se observa que los acumulados se incrementaron hacia la zona norte de la región de estudio por efecto de las bandas nubosas y vientos asociados al sistema y trayectoria.

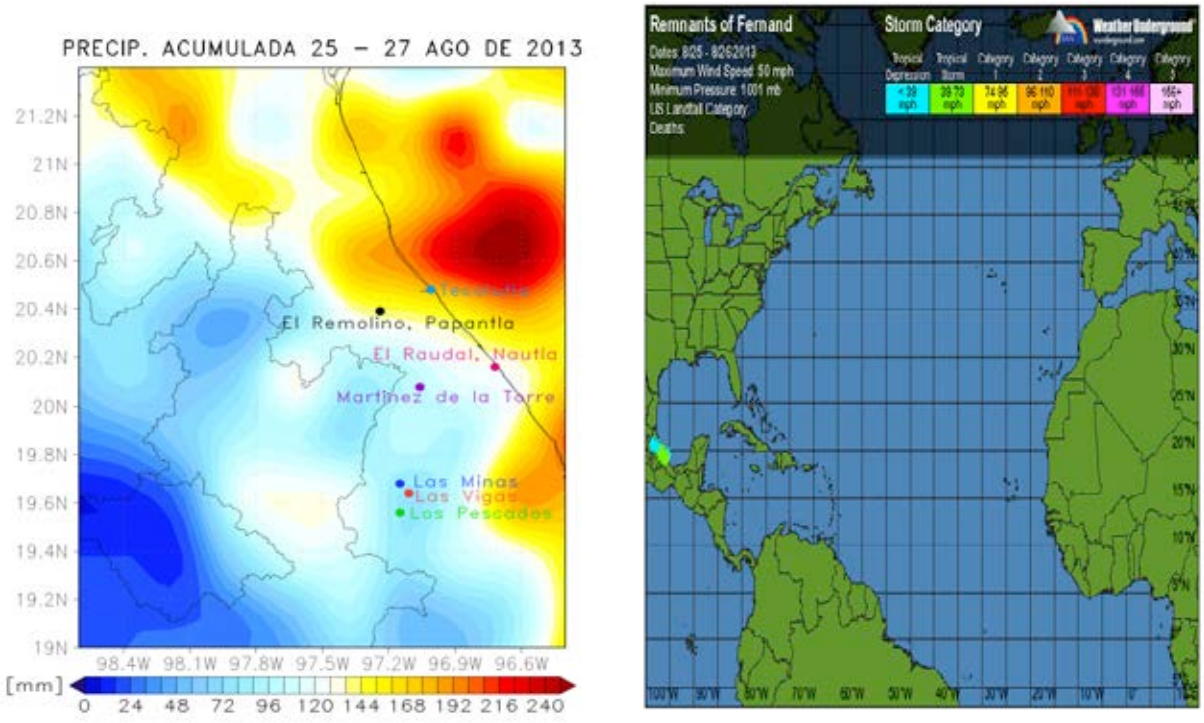


Figura 145. Trayectoria de la TT Fernand y precipitación acumulada (mm) del 25 al 27 de julio 2013. Imagen de trayectoria tomada de http://www.wunderground.com/hurricane/atlantic/2013.

La figura 146, que corresponde al caso de TT Ingrid (12 a 17 de septiembre) la cual propició acumulados de precipitación de entre 162 y 189 mm en la zona entre El Raudal y Nautla y en Martínez de la Torre de entre 135 y 162 mm. Hacia la zona de Tecolutla muestran una disminución (108 y 135 mm).

Los mapas de precipitación acumulada mostrados fueron generados a partir de la base TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) de la NASA. Para el manejo de datos se empleó el software GrADS. Las estaciones climatológicas fueron referenciadas haciendo uso de una herramienta propia de GrADS.

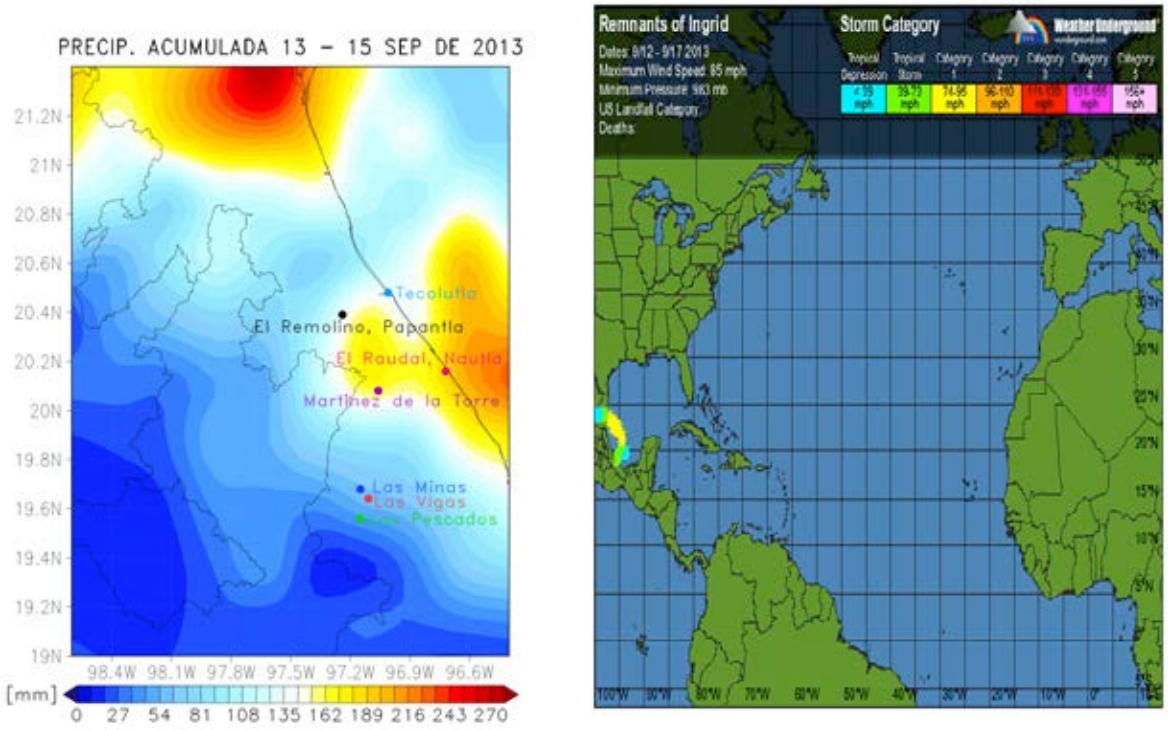


Figura 146. Trayectoria de la TT Ingrid y precipitación acumulada (mm) del 13 al 15 de septiembre 2013. Imagen de trayectoria tomada de http://www.wunderground.com/hurricane/atlantic/2013.

I.4.2. **Nortes**

El paso de los frentes fríos por el territorio veracruzano y las masas de aire frío y vientos del norte asociados, generan descensos en las temperaturas y precipitaciones pluviales de diferentes intensidades, heladas y/o nieblas.

De acuerdo a Mosiño (1974) (mencionado por Pereyra *et al*., 1995), los Nortes son sistemas que se caracterizan por los vientos boreales que soplan violentamente durante el invierno de dos a tres días continuos sobre la planicie costera del Golfo de México.

Tejeda (*et al*., 1989) mencionan que las intensidades de los vientos pueden variar desde los 15 a los 105 km /hr y que los Nortes han dejado afectaciones que se reflejan en pérdidas económicas en diversos sectores (pesca, navegación, agrícolas, etc.)

De acuerdo a Magaña (1999), durante inviernos El Niño la presencia anómalamente continua de frentes fríos provoca que las temperaturas en gran parte del país estén por debajo de lo normal. Encuentra que en años El Niño la actividad de Nortes aumenta en comparación con años La Niña, incrementándose la entrada de aire frío, resultando en inviernos más crudos.

Refiere que durante el periodo1982 a principios de 1999 ocurrieron cuatro niños en los inviernos 1982-1983, 1986-1987, 1991-1992 y 1997-1998, siendo este último el más intenso; menciona además que en el estado de Veracruzel impacto de El Niño en el clima invernal se relaciona con la actividad de los Nortes.

En la figura 15 se puede observar las dimensiones del área de influencia que pueden llegar a tener este tipo de masas de aire frío. La imagen fue tomada del Aviso Especial No_26022015_ FF37-Norte emitido por el Centro de Estudios y Pronósticos Meteorológicos (CEPM) Dependiente de la Secretaría de Protección Civil del Estado de Veracruz sobre el frente frío número 37. En el aviso se mencionaba la persistencia de viento del norte con velocidades de 25 a 35 km/h y rachas de 50 a 60 km/h, precipitaciones de entre 5 a 15 mm para cualquier punto de la entidad con posibilidades de incrementos hacia la zona sur del estado, y condiciones de cielo nublado, nieblas, lloviznas, lluvias ligeras a moderadas y temperatura bajas para las siguientes 48 hrs.

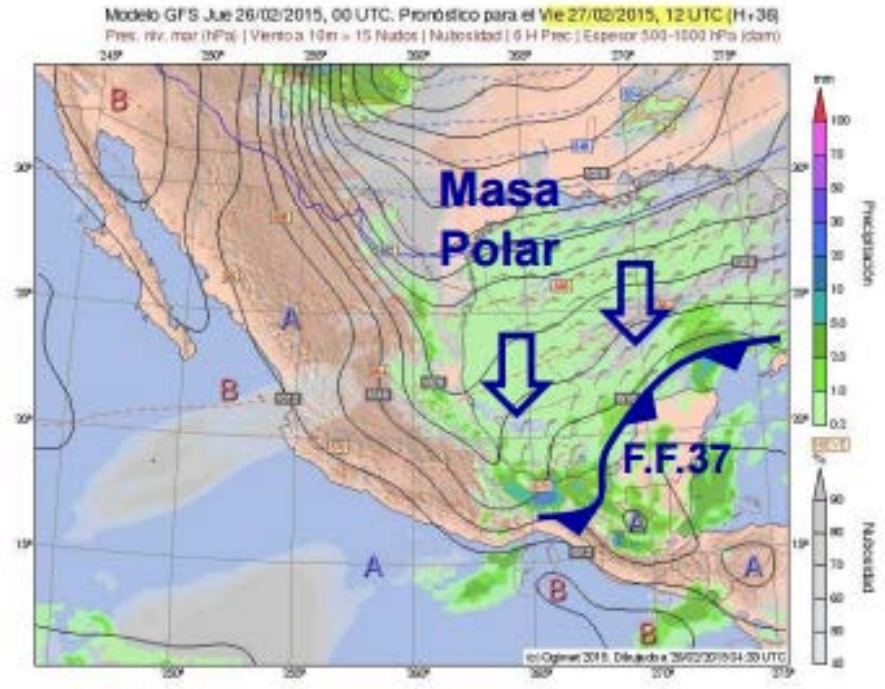


Figura 147. FF No, 37. Pronóstico para las 6 horas del día 27 de febrero de 2015.

En la figura 148 se proporciona el gráfico que muestra los valores normales correspondientes al número de días con tormentas eléctricas y con nieblas durante el periodo 1951-2010, para la estación climatológica Tecolutla.

Del gráfico se observa que las nieblas se presentan durante todo el año, siendo mayoel mes con mayor número de días (12 días) y septiembre, el mes con el menor número de días (5.8). En el caso de las tormentas eléctricas, estas se presentan en mayor número de días durante el mes de septiembre (4.2 días) y el gráfico muestra un comportamiento creciente durante el periodo enero a septiembre y un comportamiento decreciente durante los meses restantes. En la carpeta 5 se proporcionan los gráficos de fenómenos especiales para las estaciones climatológicas restantes.

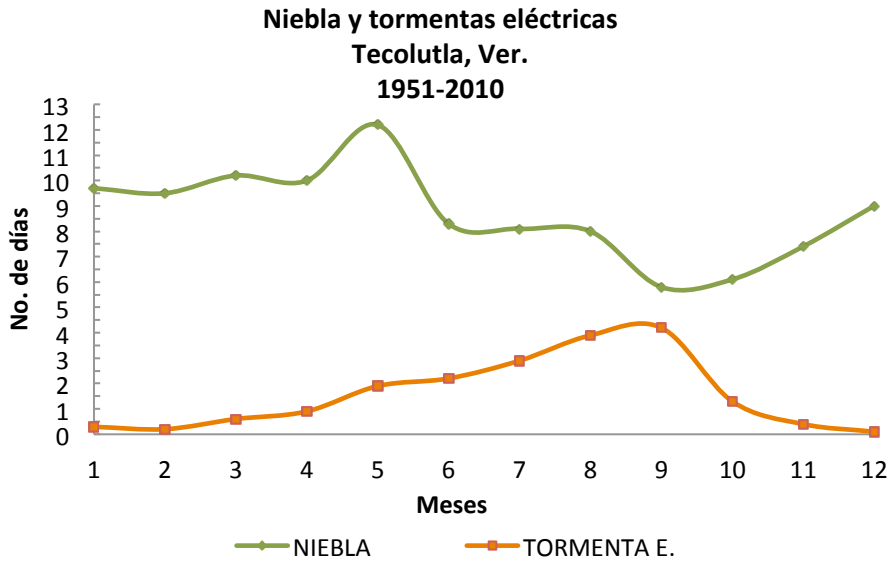


Figura 148. Comportamiento temporal de fenómenos especiales en Tecolutla, Veracruz. Periodo 1950-2000.

En nota periodística de fecha 28 de marzo de 2015 se reporta la solicitud por parte de la Secretaría de Protección Civil (PC) de Veracruz de declaratoria de emergencia para los municipios de Chalma, Chicontepec, Poza Rica, Platón Sánchez, Texcatepec, Atoyac, Atzalan, Córdoba, Cuitláhuac, Fortín, Huatusco, Ixhuacán de los Reyes, Ixtaczoquitlán, Juchique de Ferrer, Martínez de la Torre, Misantla, Naranjal, Omealca, Sochiapa, Yanga, Yecuatla y Agua Dulce, afectados por el paso del frente frío número 43. En la solicitud la Secretaría mencionaba la existencia de mil dos viviendas afectadas y del registro de afectaciones diversas en 61 comunidades, y de por lo menos 40 poblaciones parcialmente incomunicadas[12].

12 http://www.jornada.unam.mx/ultimas/2015/03/28/veracruz-solicita-declaratoria-de-emergencia-para-22-municipios-8952.html

I.5. **Los elementos climáticos**

I.5.1. **Temperatura**

Se describe el comportamiento espacio-temporal de las temperaturas en la región de estudio, con el fin de identificar las regiones donde se ubican los valores altos y bajos de las temperaturas máxima y mínima, los cuales servirán de referencia para comparar y analizar las proyecciones de los modelos de circulación general ante condiciones de cambio climático.

I.5.1.1. **Temperatura mínima**

De la figura 149 se observa que dado a que la región de estudio se ubica en la planicie costera no hay variación en la temperatura entre los tres municipios, así para la primavera se tiene una temperatura mínima de 19ºC a 20ºC en la región de estudio, para el verano de 22ºC; durante el otoño la temperatura va de 19ºC a 20ºC y para el invierno la temperatura mínima es de 15ºC.

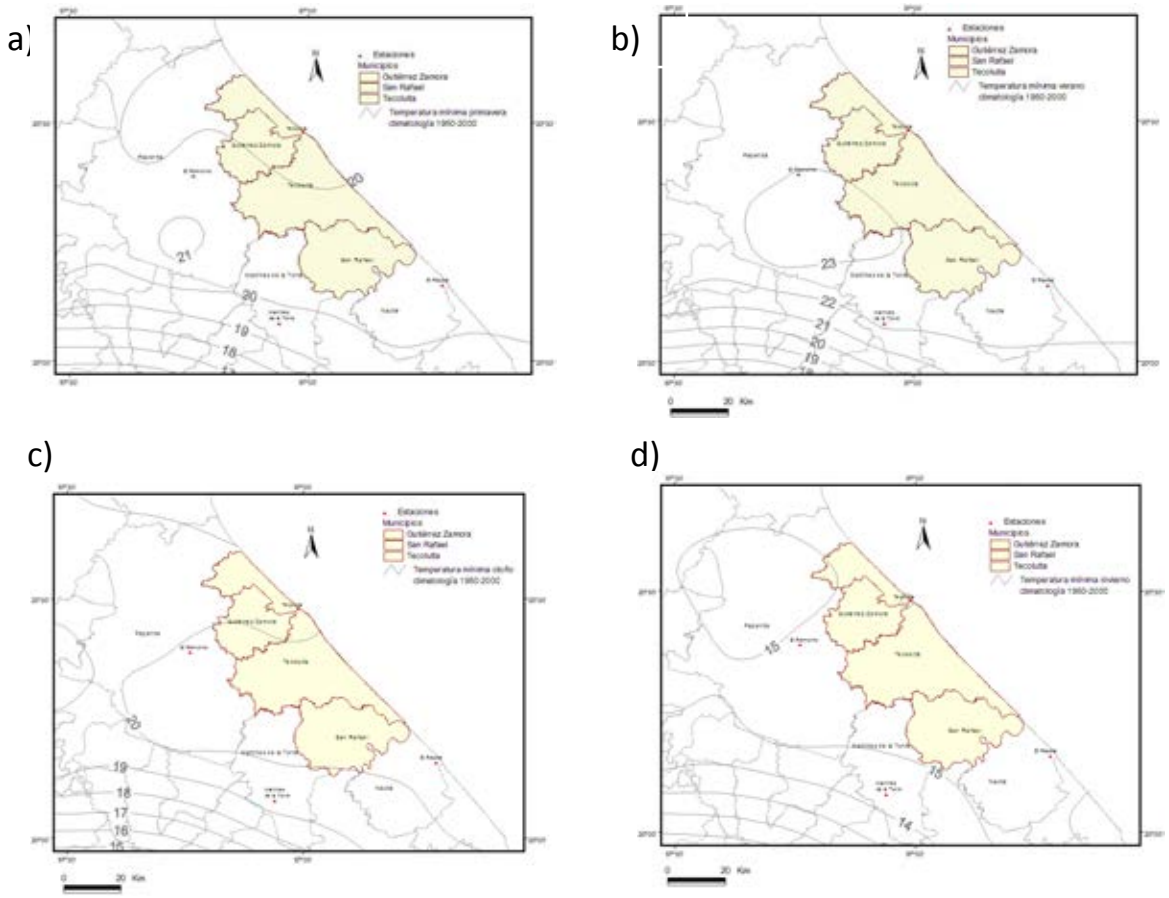


Figura 149. Temperatura mínima (°C) en la región de estudio por estación del año, durante el periodo 1950-2000.

I.5.1.2. **Temperatura máxima**

La figura 150 muestra las isolíneas de temperatura máxima en la región de estudio, de ahí se observa que las máximas precipitaciones ocurre durante el verano, y como se mencionó antes, la distribución de la temperatura es uniforme en la región de estudio, así se tiene que para la primavera la temperatura máxima promedio está entre 29ºC a 30ºC, en el verano ere 32ºC y 33ºC, para el otoño 29ºC y en el invierno la temperatura máxima en la región es de 24ºC.

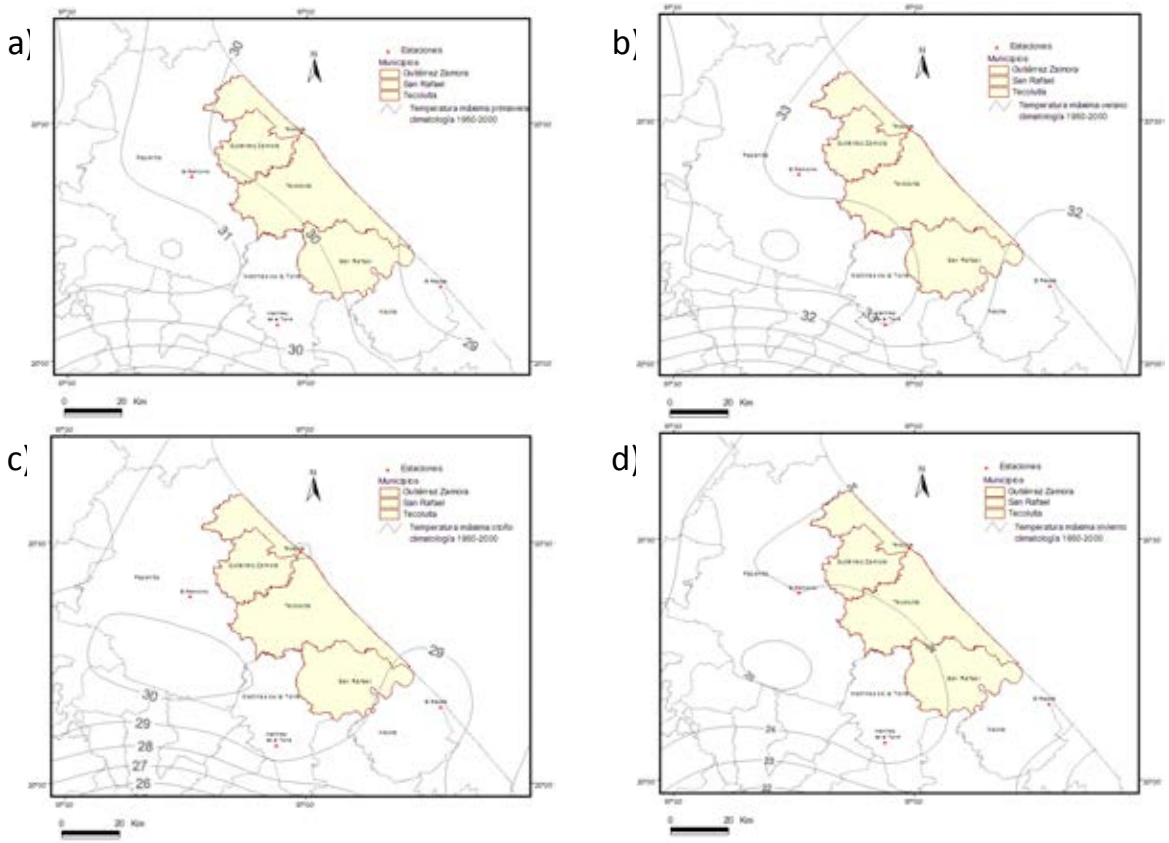


Figura 150. Temperatura máxima (°C) en la región de estudio por estación del año, durante el periodo 1950-2000.

I.5.2. **Precipitación**

En la figura 151 se observa la distribución de la precipitación de acuerdo a la climatología del periodo 1950-2000; de ella se muestra que la mayor precipitación ocurre en la parte sur de la región de estudio y durante el otoño, alcanzando valores entre 180 mm/mes a 230 mm/mes, mientras que en el verano la precipitación va de 130 mm/mes a 160 mm/mes; mientras que la menor precipitación ocurre durante la primavera y el invierno siendo entre 57mm/mes en la parte norte de la región de estudio y de 85 en la parte sur, mientras que en el invierno la precipitación va de 47 mm/mes en la parte norte a 85 mm/mes en la parte sur.

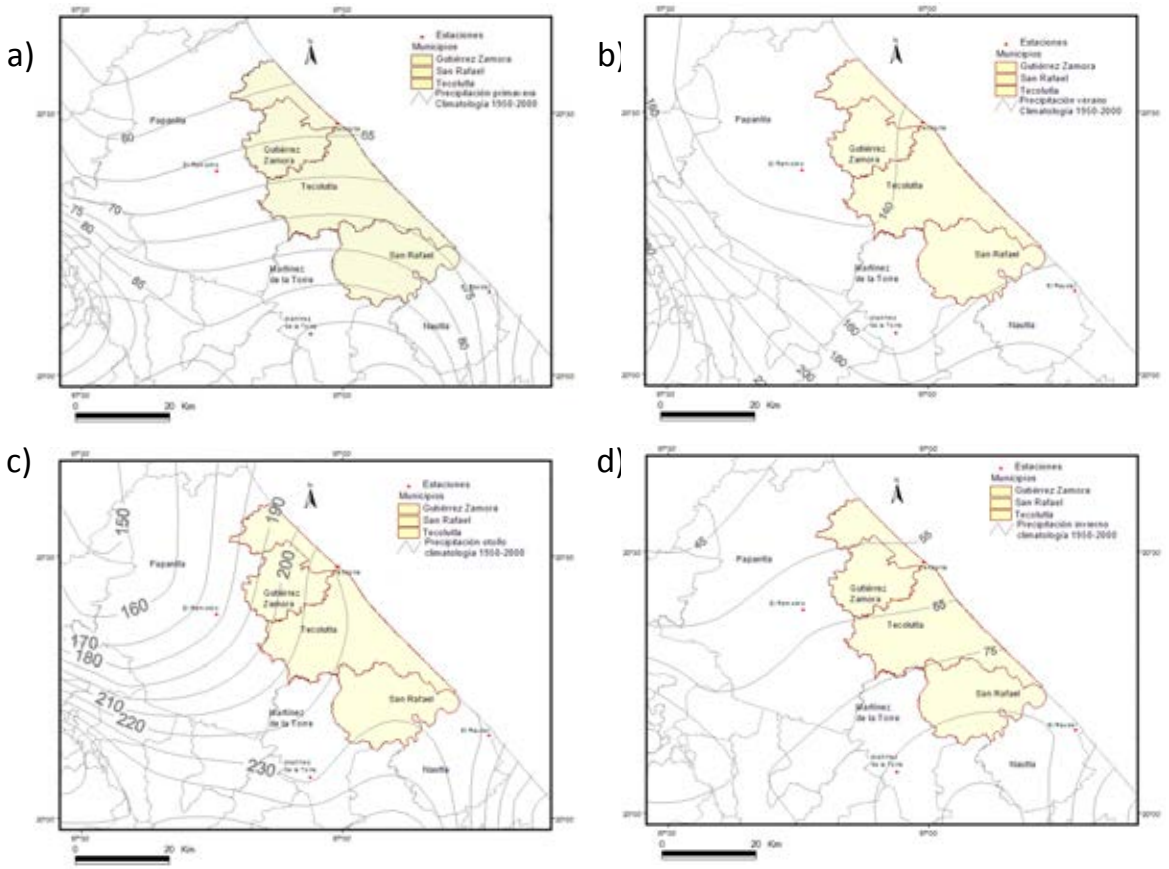


Figura 151. Precipitación (mm) en la región de estudio por estación del año, durante el periodo 1950-2000.

I.6. **Tendencias y eventos extremos**

La probabilidad de que el clima este cambiando tanto en su comportamiento medio como extremo por efecto del forzamiento antrópico asociado al incremento de gases de efecto invernadero, es en la actualidad sigue siendo un tema de interés entre los investigadores a nivel internacional en el tema de cambio climático.

Como lo menciona Vázquez (2010), la atribución del cambio climático puede resultar clara tanto para la escala global como para la escala continental,

sin embargo para la regional o local la atribución “se vuelve más compleja, por lo que resulta prácticamente imposible determinar si una tormenta o un fenómeno ha ocurrido a causa del cambio climático”

Señala que “se tiene conocimiento de cambios del clima asociados a sistemas de interacción océano-atmósfera, como en el caso de la variabilidad climática asociada al fenómeno de El Niño-Oscilación del Sur (ENSO), o de las variaciones en períodos de décadas tales como las asociadas a la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO) y a la Oscilación Multi-decadal del Atlántico (AMO)”.

En este trabajo con el fin de identificar fechas o eventos que en el pasado han tenido impacto sobre la región de estudio, se analizó la tendencia de los datos registrados en determinado periodo de años; así como los datos que se encuentran por arriba o por debajo del valor medio de la serie (como anomalías) mediante herramientas estadísticas utilizadas en la identificación de algún cambio relevante en los valores de las variables climáticas.

Los expertos en el tema recomiendan además utilizar observaciones en la escala de temporal diaria en la tarea de detección de cambios en los extremos meteorológicos, debiendo tener en cuenta que este tipo de eventos (extremos) ocurren en periodos de pocos día y en la mayoría de los casos se encuentran relacionados con sistemas atmosféricos de escala sinóptica o regional.

Aunque no existe una definición única para los eventos extremos, Vázquez los identifica como aquellos eventos que en la serie de registro diario, tienen una baja probabilidad de ocurrencia y cuyo valor excede un umbral especificado; y a manera de ejemplo hace mención del criterio de Nicholls y Murray (1999) para la identificación de extremos de precipitación calculados a partir de datos diarios:

a) La frecuencia de días que exceden los percentiles 90, 95 y 99, calculando los percentiles únicamente con los días con lluvia;

b) el „índice simple de intensidad de lluvia‟ calculado dividiendo la lluvia total por el número de días con lluvia y

c) el porcentaje de la lluvia en un periodo (año, estación, etc.) que ocurre en los días con lluvia por arriba de los percentiles 90, 95 y 99.

I.6.1. **Datos que exceden el umbral respecto al valor medio del período 1950-2011**

Para los fines de identificar posibles fechas de ocurrencia de eventos extremos, considerando que los datos de temperatura media presentan una distribución normal en climas tropicales, y que en el caso los casos de las temperatura máxima y mínima su diferencia radica en que presentan una distribución asimétrica, se considera el criterio propuesto por López y Conde (2010) para identificar eventos extremos en las temperaturas: “el evento que se encuentra por encima del 90o. percentil o por debajo del 10o. de una función de probabilidad observada”. La carpeta 2 contiene los datos de percentiles para cada una de estaciones climatológicas.

Para el caso de identificación de fechas en que pudieron ocurrir eventos de precipitaciones extremas, se realizó el análisis de los percentiles para cada estación climatológica de la región de estudio, a partir de considerar que:

- La precipitación diaria (y horaria) no tiene una distribución normal y que usualmente se emplea una distribución de extremos (GAMMA) para ajustar las distribuciones de lluvias diarias, y

- que las precipitaciones acumuladas mensuales tienen en general una distribución normal en la región tropical, se llevó aplicó la metodología siguiente:

Los datos se ordenaron los datos de menor a mayor, después, bajo el criterio de una distribución normal (un comportamiento Gaussiano) y se distribuyeron en percentiles; siendo el PERCENTIL 0.1 (0-1) y el PERCENTIL 0.9 (9-10) los que se extrajeron bajo la consideración de que estas "muestras" contienen los datos o valores extremos, que representan las posibles situaciones anormales, o para este estudio, las situaciones de posible riesgo.

Considerando que esta variable es aleatoria, se sujetó a un análisis y ordenamiento de los datos bajo una distribución normal, dando como resultado una acumulación de éstos a la izquierda en la Campana de Gauss, por lo que para identificar los datos extremos, el PERCENTIL .9 (9-10), se volvió a "normalizar"; por lo que se procedió a obtener un nuevo PERCENTIL 9-10, el cual muestra los datos más extremos. Los percentiles extremos, (0-1) y (9-10) se colocaron en orden cronológico, con el fin de identificar los eventos extremos más actuales. Ver carpeta 2 para consulta de fechas y valores de precipitación (mm) de los eventos identificados.

A manera de ejemplo dela relación que puede encontrarse entre los valores de percentiles con eventos que han impactado a la región de estudio, se documenta el caso de la precipitaciones de octubre de 1999, sus impactos y fechas identificadas por medio de percentiles.

En nota periodística de *Imagen del* Golfo[13] de fecha 4 de octubre de 2009, se celebraron los 10 años del desastre ocurrido el 4 de octubre de 1999, denominado por los habitantes del Totonacapan el “Año de la Bestia”, debido a la pérdida de familiares y de viviendas que hubo por el paso de la Onda Tropical

[13] http://www.imagendelgolfo.com.mx/resumen.php?id=132544

Número 35 y la interacción de aire frio del Frente Frío No.5, que se encontraba sobre la parte media de Texas con desplazamiento hacia el sureste.

Dichos sistemas generaron una gran cantidad de precipitación entre el 3 y 4 de octubre de este año, provocando que los niveles de agua se incrementaran respecto a su nivel normal. La nota mencionaba que “en las partes bajas de las cuencas se tuvo reportes que los niveles de agua incrementaron 4 metros 50 centímetros sobre su nivel ordinario, en los ríos Tuxpan y Cazones, 4 metros 20 centímetros en Nautla y 9 metros en el Tecolutla”.

La elevación de los niveles de los río dio lugar a grandes avenidas las cuales causaron el deslizamiento de laderas, el azolvamiento de presas, canales y arroyos, generándose inundaciones en grandes extensiones agrícolas y el arrastre e inundación de pastizales, lo cual trajo además pérdidas de ganado.

Por los impactos generados, se emitió la Declaratoria de Desastre Natural en el Diario Oficial de la Federación, para que el FONDEN realizara las reglas de operación correspondientes para las afectaciones de diversos municipios del estado de Veracruz entre los que se incluía la zona del Raudal, pues debido a su localización fue un área con daños debido a los fenómenos antes mencionados.

En la cuadro 63 se proporcionan los datos identificados a través de percentiles y algunos datos diarios de precipitación y de las temperaturas máximas y mínimas registradas durante los días 1 a 5 de octubre de 1999.

Cuadro 63. Valores de percentiles 9-10 y datos diarios por estación climatológica, relacionados con evento de octubre de 1999

El Remolino, Papantla		
Temperatura Máxima	Temperatura Mínima	Precipitación (mm)

Percentil 9-10 orden cronológico		Diaria		Percentil 9-10 orden cronológico	
26/09/1999	34.5	29/09/1999	22.5	04/10/1999	198.3
				05/10/1999	409.5
				Acumulado del 4 al 5 de octubre	**607.8**

Martínez de la Torre

Temperatura Máxima		Temperatura Mínima		Precipitación	
Percentil 9-10 orden cronológico		Percentil 9-10 orden cronológico		Percentil 9-10 orden cronológico	
26/09/1999	35.5	28/09/1999	23.5	30/09/1999	88.2
				04/10/1999	156.6
				05/10/1999	212.2
				Acumulado del 3 al 5 de octubre	**368.8**

Tecolutla

Temperatura Máxima		Temperatura Mínima		Precipitación (mm)	
Percentil 0-1 orden cronológico		Percentil 9-10		Percentil 9-10 orden cronológico	
30/09/1999	19	25/09/2000	24.5	29/09/1999	116.5
				30/09/1999	77.5

El Raudal, Nautla

Temperatura Máxima Diaria		Temperatura Mínima diaria		Tmáx. Menos Tmín.	Precipitación diaria (mm)	
01/10/1999	25.5	01/10/1999	18	7.5	01/10/1999	0
02/10/1999	29	02/10/1999	19.5	9.5	02/10/1999	24
03/10/1999	29.5	03/10/1999	21	8.5	Percentil 9-10 orden cronológico	
04/10/1999	24	04/10/1999	21.5	2.5	03/10/1999	100
05/10/1999	23.5	05/10/1999	22	1.5	04/10/1999	115.5
		Percentil 9-10 orden cronológico			05/10/1999	194
		28/09/1999	23.5		Acumulado del 3 al 5 de octubre	**409.5 mm**

De la información contenida en la cuadro 4, se puede apreciar que durante los días 3 a 5 de octubre de 1999, que los mayores acumulados de precipitación se presentaron tanto en la parte alta (El Remolino, 607.8 mm) como en la parte baja (El Raudal, 409.5 mm) de la región de estudio. En el caso de la estación de El Raudal se encuentra que durante los días 1,2 y 3 de octubre las diferencias entre las temperaturas máxima y mínima fueron de entre 7.5 y 9.5 grados Celsius.

I.6.2. **Tendencias**

En este apartado se muestran dos metodologías seguidas para analizar las tendencias en las variables climáticas consideradas. La primera consistió en la obtención de la ecuación de la tendencia con el paquete estadístico XLSTAT, con el fin de determinar si existe un incremento o decremento en las series de tiempo de período completo y período Decadal. Ver carpeta 4

Para ello se utilizó el índice de Mann Kendall (Nasrallah *et al*., 1990), el cual está incluido en dicha paquetería y que, a partir de los parámetros alfa y p, establece dos criterios:

H0: No existe una tendencia en la serie

Ha: Hay una tendencia en la serie

En la que ésta última, con el signo que se da en el valor, se puede establecer si corresponde a un aumento o disminución en los valores de la variable a través del tiempo. Cabe mencionar que las bases de datos originales fueron sometidas a pruebas de homogeneidad con el software RClimdex con la prueba RHtestsV3.r, con el fin de evitar alterar la tendencia natural de las series. En las cuadros 5 a 7 se proporcionan los resultados el análisis de las tendencias

por década de las temperaturas y precipitación para las estaciones de El Remolino y El Raudal.

En cuanto a la tendencia de los valores de la temperatura máxima promedio anual del periodo 1961-2011 se encuentra que en general la temperatura máxima en la estación El Raudal tiende a incrementar en 0.080 °C/año y en la estación El Remolino la tendencia también es al incremento en 0.059 °C/año. Ambas estaciones coinciden que en la década de 1971-1980 se presentó un decremento de temperatura máxima (ver cuadro 64) y en la década 1991-2000 hay coincidencias en que se presentó una tendencia al incremento de 0.045 °C/año en la estación El Raudal y de 0.022 °C/año en la estación de El Raudal.

Cuadro 64. Tendencias por década de temperaturas máximas.

Tendencias TMAX en la estación 30054 El Raudal.

TMAX	Índice Mann Kendall τ
Período completo (1961-2011)	0.080
	Incremento
Décadas	
1961-1970	0.031
	Incremento
1971-1980	-0.037
	Decremento
1981-1990	-0.014
	Decremento
1991-2000	0.045
	Incremento
2001-2011	-
	Sin tendencia

Tendencias TMAX en la estación 30055 El Remolino.

TMAX	Índice Mann Kendall τ
Período completo (1961-2011)	0.059
	Incremento
Décadas	
1961-1970	-0.031
	Decremento
1971-1980	-0.017
	Decremento
1981-1990	0.022
	Incremento
1991-2000	0.022
	Incremento
2001-2011	0.039
	Incremento

En cuanto a la tendencia de los valores de la temperatura mínima promedio anual del periodo 1961-2011 se encuentra que en general la temperatura mínima

en la estación El Raudal no hay tendencia, mientras que en la estación El Remolino la tendencia es al decremento en -0.059 °C/año. Ambas estaciones coinciden que en la década de 1971-1980 se presentó un decremento de temperatura mínima (ver cuadro 65). Hay coincidencias en ambas estaciones en que en las décadas 1961-1970 y 1971-1980 se presentaron tendencias al decremento.

Cuadro 65. Tendencias por década de temperaturas miníma

Tendencias TMIN en la estación 30054 El Raudal.

TMIN	Índice Mann Kendall τ
Período completo (1961-2011)	0.000
	Sin tendencia
Décadas	
1961-1970	-0.020
	Decremento
1971-1980	-0.026
	Decremento
1981-1990	-0.028
	Decremento
1991-2000	-
	Sin tendencia
2001-2011	0.078
	Incremento

Tendencias TMIN en la estación 30055 El Remolino.

TMIN	Índice Mann Kendall τ
Período completo (1961-2011)	-0.059
	Decremento
Décadas	
1961-1970	-0.073
	Decremento
1971-1980	-0.014
	Decremento
1981-1990	-0.033
	Decremento
1991-2000	-0.016
	Decremento
2001-2011	-0.048
	Decremento

Con respecto a la precipitación para el periodo 1961-2011 en el análisis decadal no se observa tendencia. Para el periodo completo 1961-2011 las estaciones El Raudal y El Remolino muestran tendencia al decremento de la precipitación.

Cuadro 66. Tendencias por década de precipitación.

TENDENCIAS PRECIP EN LA ESTACIÓN 30054

TENDENCIAS PRECIP EN LA ESTACIÓN 30055

PRECIP	Índice Mann Kendall τ
Período completo (1961-2011)	-0.022
	DECREMENTO
Décadas	
1961-1970	-
	SIN TENDENCIA
1971-1980	-
	SIN TENDENCIA
1981-1990	-
	SIN TENDENCIA
1991-2000	-
	SIN TENDENCIA
2001-2011	0.036
	INCREMENTO

PRECIP	Índice Mann Kendall τ
Período completo (1961-2011)	-0.008
	DECREMENTO
Décadas	
1961-1970	
	SIN TENDENCIA
1971-1980	-
	SIN TENDENCIA
1981-1990	-
	SIN TENDENCIA
1991-2000	
	SIN TENDENCIA
2001-2011	SIN TENDENCIA

I.7. **Proyecciones de Cambio Climático para la región de estudio.**

Para generar las proyecciones de cambio climático se utilizó la base de datos mensual generada por Cavazos, *et al.* (2013), la cual es un ensamble ponderado (método REA) de 14 Modelos de Circulación General (MCG, cuadro 67) del proyecto de intercomparación de modelos acoplados fase 5 (CMIP5, por sus siglas en inglés). Como se observa en la cuadro 8, todos los modelos tienen resolución espacial diferente de 1.1° (MRI) hasta 3.8° (IPSL), por lo cual se interpoló bilinealmente a la malla de la base de datos CRUTS3.1 (0.5°*0.5°). Una vez homogeneizados los MCG se les dio peso a cada uno mediante el método REA (Giorgi y Mearns, 2001). Para mayor información ver anexo AII.

El REA se calculó para las anomalías de precipitación, temperatura máxima y mínima, para dos periodos futuros: futuro cercano (2015-2039) y futuro lejano

(2075-2099), y bajo tres escenarios de radiación RCP4.5, RCP6.0 y RCP8.5. También se calculó un ensamble ponderado de las simulaciones históricas (1961-2000), las cuales solo se emplean para calcular el porcentaje de cambio de la precipitación.

A pesar de que los MCG han ido mejorando con el paso del tiempo, la simulación de la precipitación sigue siendo un gran reto para éstos. Por tal motivo se recomienda que en lugar de utilizar las proyecciones de cambio, se calcule el porcentaje de cambio.

El porcentaje de cambio de precipitación se calcula con el REA del periodo histórico y el de las anomalías de proyecciones futuras (ec.1). Para calcular la proyección total se aplica este porcentaje de cambio a los datos observados (ec. 2).

$$pcp_proy_{porc} = \frac{(proy_{cambio} * 100)}{REA_{histórico}} \qquad \text{ec. 1}$$

$$pcp_proy_{total} = OBS + \frac{(pcp_proy_{porc} * OB \;\;)}{100} \qquad \text{ec. 2}$$

Donde $proy_{cambio}$ es el REA de las proyecciones futuras, el $REA_{histórico}$ es el correspondiente al periodo 1961-2000 y OBS es cualquier base de datos observada, puede ser CRU o datos de estaciones (todos en mm).

Para el caso de las temperaturas (°C), la proyección de cambio se suma a los datos observados (ec. 3).

$$temp_proy_{total} = OBS + proy_{cambio}$$

Cuadro 67. Modelos de circulación general acoplados utilizados del CMIP5, institución que lo genera, la resolución y las realizaciones de cada escenario consideradas.

	Modelo	Nombre	Resolución lon*lat	Ens. Members		
				hist	RCP4.5	RCP8.5
1	BCC-CSM1-1	Beijing Climate Center	2.8°*2.8°	3	1	1
2	CanESM2	Canadian Centre for Climate Modeling and Analysis	2.8°*2.8°	5	5	5
3	CNRM-CM5	Centre National de RecherchesMeteorologiques	1.4°*1.4°	10	1	5
4	CSIRO-MK3-6-0	Australian Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization	1.87°*1.87°	4	4	
5	GISS-E2-R	NASA Goddard Institute for Space Studies	2.5 * 2.0	6	5	1
6	HadGEM2-ES	Met Office Hadley	2.5°*1.9°	1	1	1
7	INM	InstituteforNumericalMathematics	2.0°*1.5°	1	1	1
8	IPSL-CM5a-lr	Institut Pierre-Simon Laplace	3.75°*1.9°	5	4	4
9	MIROC5	Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology	1.8°*1.2°	1	1	1
10	MIROC-ESM	Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology	2.8°*2.8°	1	1	1
11	MIROC-ESM-CHEM	Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology	2.8°*2.8°	1	1	
12	MPI-ESM-LR	Max-PlankInstitute	1.85°*1.85°	3	3	3
13	MRI-CGCM3	MeteorologicalResearchInstitute	1.12°*1.12°	5	1	1
14	NorESM1	NorwegianClimate Center	2.5 * 1.9	3	1	1

En el presente trabajo se consideraron los escenarios RCP4.5, RCP 6.0 y RCP8.5, bajos los dos periodos previamente mencionados. Los datos por Cavazos, *et al.* (2013) se recortaron para la gran región ubicada entre los los 19° 30’ y 20° 30’ de latitud norte y los 96° 15’ y 97° 15’ de longitud oeste. La cartografía

correspondiente a las variaciones proyectadas ante condiciones de cambio climático, se encuentran en la carpeta 6.

Las proyecciones de cambio mensual de temperatura mínima y máxima, así como las proyecciones de porcentaje de cambio de precipitación son mostradas para el periodo cercano y lejano bajo los escenarios de radiación RCP4.5, RCP6.0 y RCP8.5 en las figuras 18 a 23 siguientes.

I.8. **Futuro cercano (2015-2039)**

I.8.1. **Temperatura máxima**

La figura 152 muestra el ciclo anual de temperatura máxima (°C) para el escenario observado en el periodo 1951-2000 y las proyecciones para los RCP´s 4.5, RCP 6.0 y RCP 8.5 para el futuro cercano en las estaciones climatológica Tecolutla, el Remolino, El Raudal y Martínez de la Torre, las tres últimas se eligieron por ser las más cercanas a los municipios de interés. De la figura se observa que las temperaturas máximas siguen el patrón del escenario base. Los valores más altos en la temperatura máxima se proyectan para Tecolutla en los meses de julio y agosto (34.1°C) bajo el RCP 8.5, en el Remolino en el mes de junio (34.5°C) bajo los RCP´s 6.0 y 8.5, en el Raudal en los meses de junio, julio y agosto (33.1°C) bajo el RCP 8.5 y en Martínez de la Torre en junio (35.4) bajo los RCP´s 6.0 y 8.5.

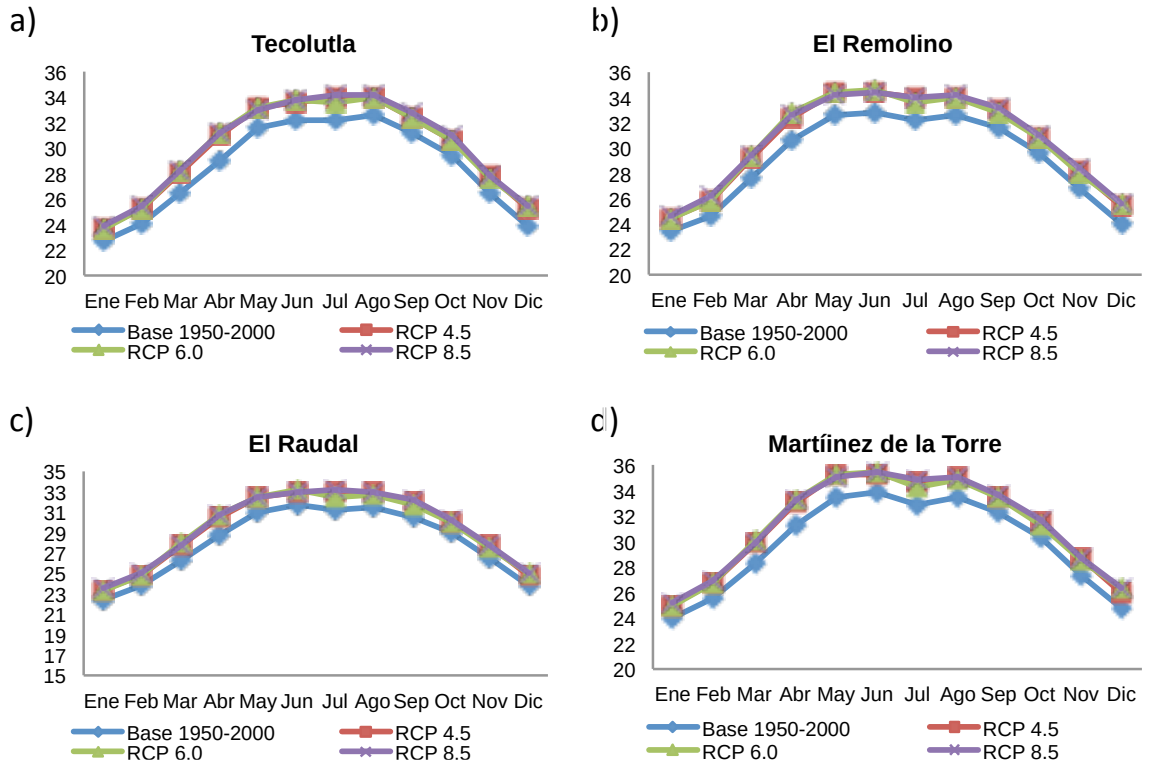


Figura 152. Ciclo anual de temperatura máxima (°C) en el escenario observado (1950-2010) y bajo los RCP 4.5, RCP 6.0 y RCP 8.5 para el futuro cercano (2015-2039)

I.8.2. **Temperatura mínima**

En la figura 153 se muestra el ciclo anual de temperatura mínima (°C) para el escenario observado en el periodo 1951-2010 (T mín base) y las proyecciones para los RCP´s 4.5, 6.0 y 8.5 para el futuro cercano en las estaciones climatológicas, el Remolino, El Raudal y Martínez de la Torre. En ella se observa que si bien la temperatura mínima de las mínimas se proyectada para Tecolutla y Martínez de la Torre en Enero (15.5°C) bajo el RCP 4.5, en el Remolino y el Raudal en el mes de enero (15.4°C) bajo el RCP 4.5. Los tres RCP´s muestran incrementos en los valores de temperatura mínima, siendo el RCP 8.5 el que proyecta mayor incremento (entre 0.9°C y 1.3°C).

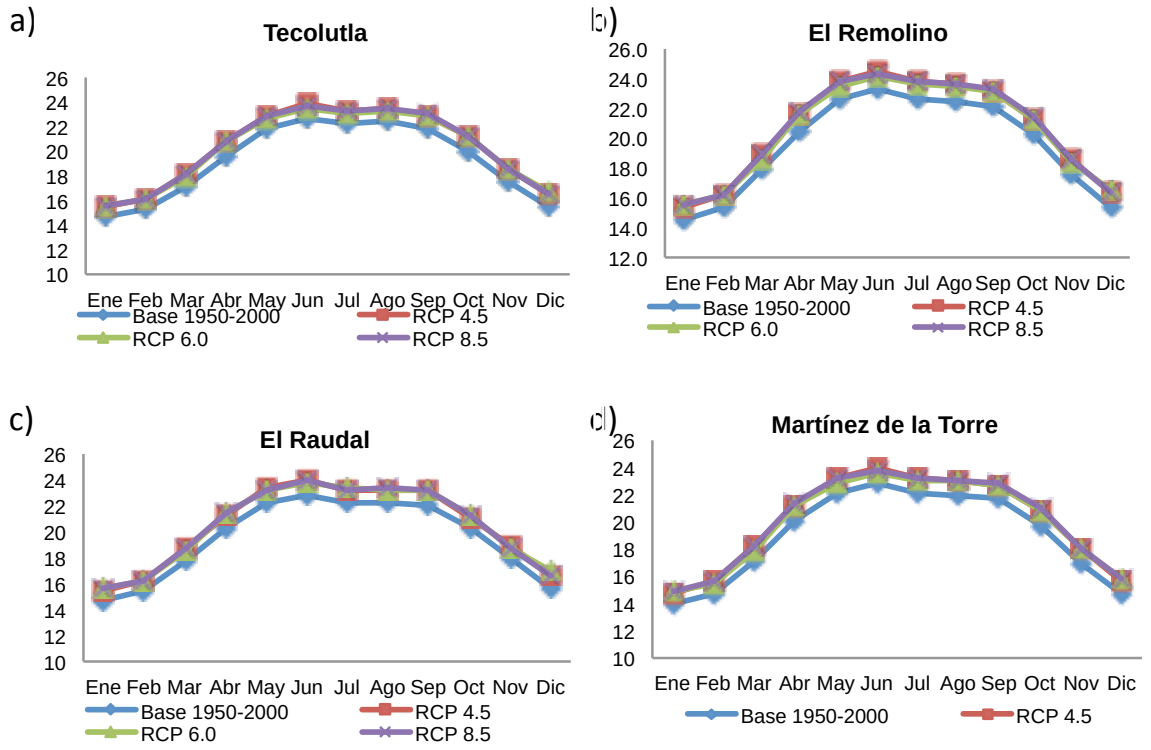


Figura 153. Ciclo anual de temperatura mínima (°C) en el escenario observado (1950-2010) y bajo los RCP 4.5, RCP 6.0 y RCP 8.5 para el futuro cercano (2015-2039).

I.8.3. **Precipitación**

La figura 154 muestra el ciclo anual de precipitación (mm/mes) para el escenario observado en el periodo 1951-2010 (Pcp base) y las proyecciones para los RCP´s 4.5, 6.0 y 8.5 para el futuro cercano en las estaciones climatológicas Tecolutla, el Remolino, El Raudal y Martínez de la Torre. En las estaciones Tecolutla, El Remolino y Martínez de la Torre se observa de la figura que la máxima disminución ocurre en el mes de abril bajo el RCP 6.0 (-17% respecto al escenario base), mientras que el mayor incremento en la precipitación ocurre en el mes de octubre bajo el RCP 8.5 (3% respecto al escenario base). Los Mayores valores de precipitación se proyectan en el mes de septiembre y los mínimos se proyectan en marzo bajos los tres RCP´s en las cuatro estaciones.

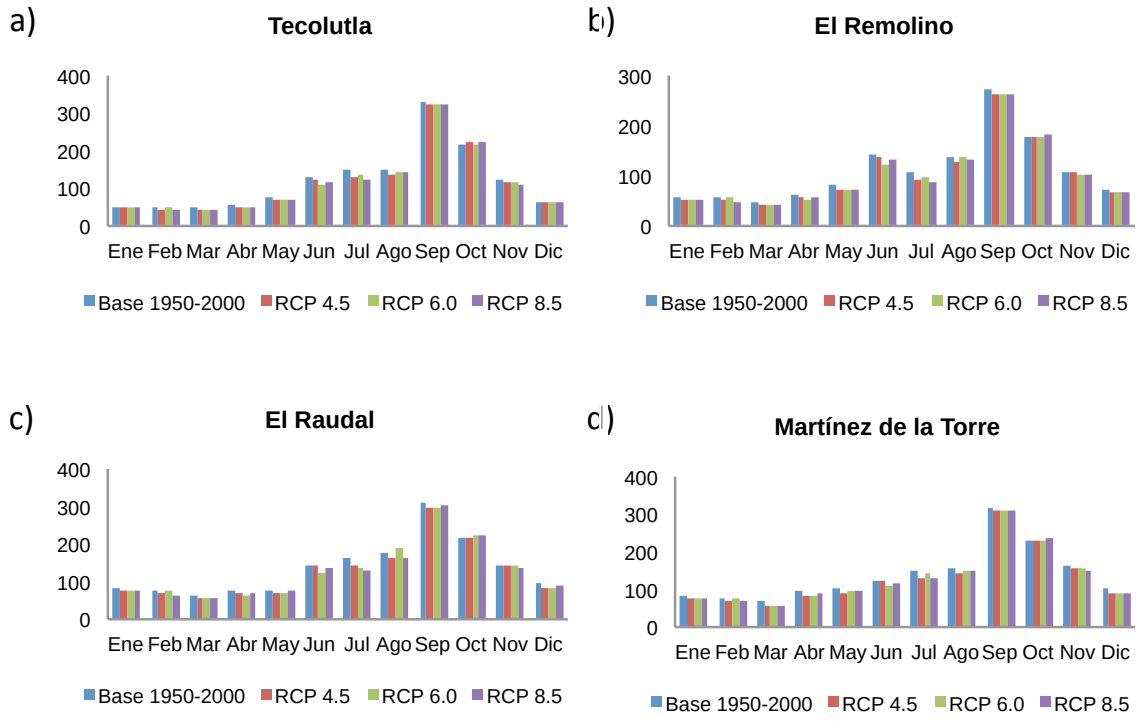


Figura 154. Ciclo anual de precipitación (mm/mes) en el escenario observado (1950-2010) y bajo los RCP 4.5, RCP 6.0 y RCP 8.5 para el futuro cercano (2015-2039)

I.9. **Futuro lejano (2075-2099)**

I.9.1. **Temperatura máxima**

La figura 155 muestra el ciclo anual de temperatura máxima (°C) para el escenario observado en el periodo 1951-2010 (base 1950-2000) y las proyecciones para los RCP´s 4.5, RCP 6.0 y RCP 8.5 para el futuro lejano en las estaciones climatológica Tecolutla, el Remolino, El Raudal y Martínez de la Torre, las tres últimas se eligieron por ser las más cercanas a los municipios de interés. Se observa en general que los mayores incrementos se proyectan en el RCP 8.5 alcanzando valores de 38°C en Tecolutla y el Remolino, 39°C en Martínez de la Torre y 36°C en El Raudal.

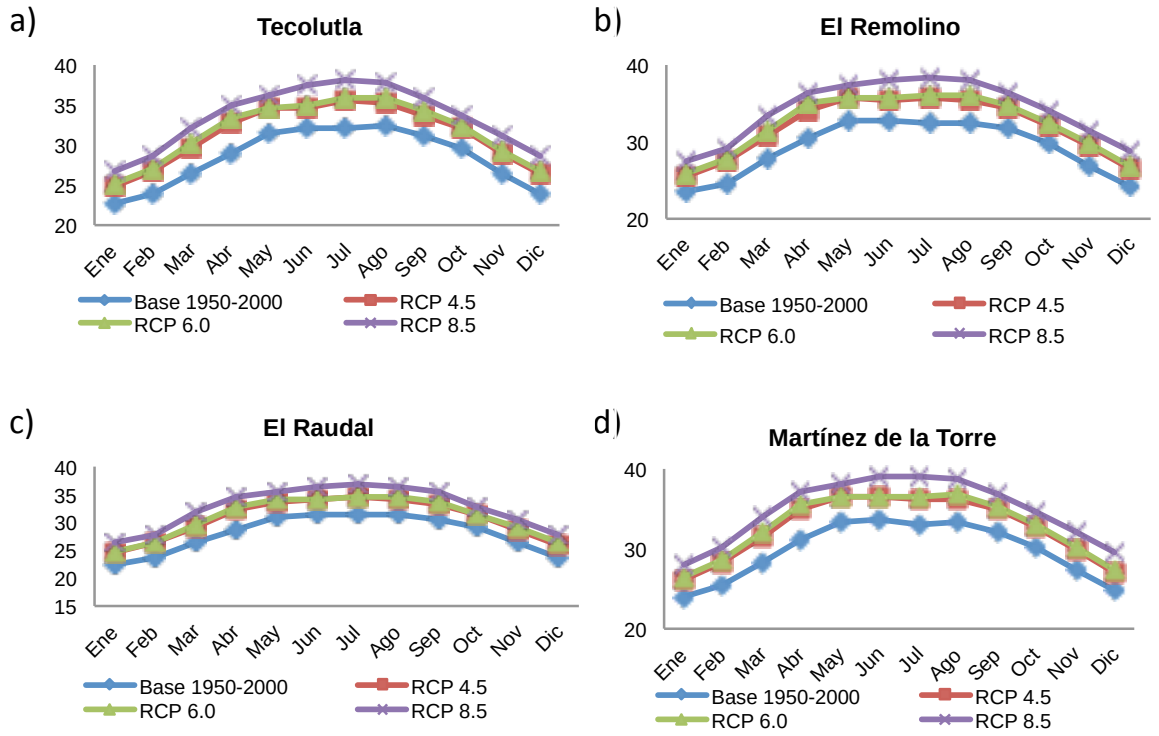


Figura 155. Ciclo anual de temperatura máxima (°C) en el escenario observado (1950-2010) y bajo los RCP 4.5, RCP 6.0 y RCP 8.5 para el futuro cercano (2015-2039).

I.9.2. **Temperatura mínima**

En la figura 156 se muestra el ciclo anual de temperatura mínima (°C) para el escenario observado en el periodo 1951-2010 (T mín base) y las proyecciones para los RCP´s 4.5, 6.0 y 8.5 para el futuro lejano en las estaciones climatológicas, el Remolino, El Raudal y Martínez de la Torre. Los tres RCP´s en proyectan los máximos incrementos para la temperatura mínima en el mes de abril. Las temperaturas mínimas más altas son proyectadas bajo el RCP 8.5 en las cuatro estaciones con incrementos entre 3°C y 4°C.

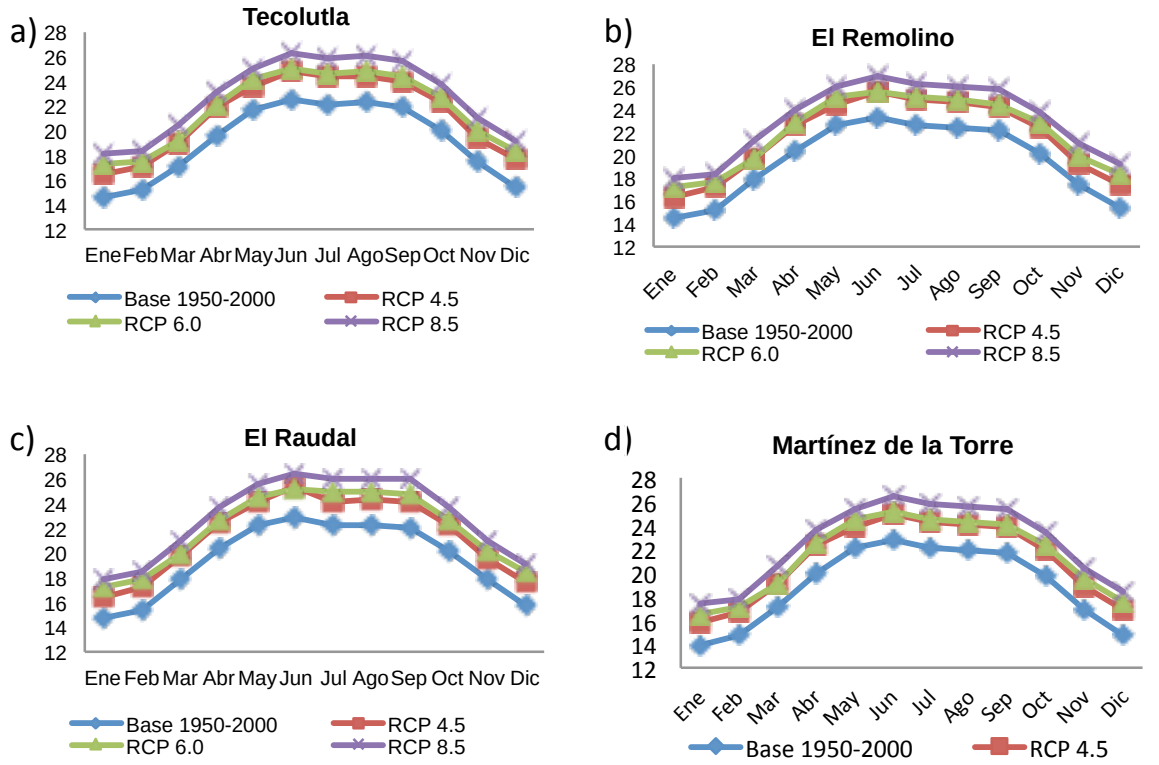


Figura 156. Ciclo anual de temperatura mínima (°C) en el escenario observado (1950-2010) y bajo los RCP 4.5, RCP 6.0 y RCP 8.5 para el futuro cercano (2015-2039).

I.9.3. **Precipitación**

La figura 157 muestra el ciclo anual de precipitación (mm/mes) para el escenario observado en el periodo 1951-2010 (Pcp base) y las proyecciones para los RCP´s 4.5, 6.0 y 8.5 para el futuro cercano en las estaciones climatológicas Tecolutla, el Remolino, El Raudal y Martínez de la Torre. En las estaciones Tecolutla, El Remolino y Martínez de la Torre se observa de la figura que la máxima disminución ocurre en el mes de julio bajo el RCP 8.5 (-28% respecto al escenario base), mientras que el mayor incremento en la precipitación ocurre en el mes de octubre bajo el RCP 6.0 (11% respecto al escenario base). Los tres RCP´s coinciden en un decremento de la precipitación en julio y un incremento en

octubre. El RCP 6.0 también proyecta incremento en la precipitación en los meses de septiembre y noviembre.

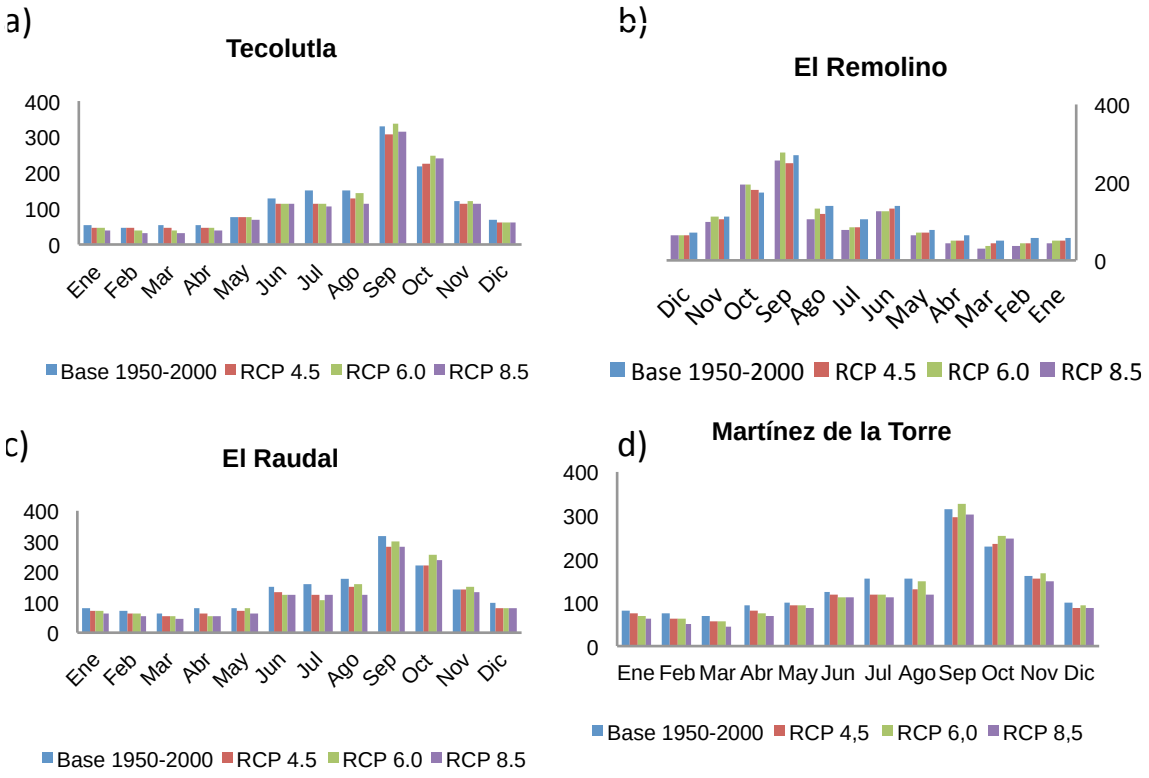


Figura 157. Ciclo anual de precipitación (mm/mes) en el escenario observado (1950-2010) y bajo los RCP 4.5, RCP 6.0 y RCP 8.5 para el futuro cercano (2015-2039).

REFERENCIAS

Cavazos, T., J. A. Salinas, B. Martínez, G. Colorado, P. de Grau, R. Prieto, A. C. Conde, I. Quintanar, J. S. Santana, R. Romero, M. E. Maya, J. G. Rosario de la Cruz, Ma. del R. Ayala, H. Carrillo, O. Santiesteban y M. E. Bravo, 2013. Actualización de escenarios de cambio climático para México como parte de los productos de la Quinta Comunicación Nacional, informe final del Proyecto al INECC, 150 pp. Disponible en: http://escenarios.inecc.gob.mx/index2.htm

Cuadrant, J. y Pita, M., 1997. *Climatología*. Cátedra. Sevilla, España. 263-265 p.Díaz, P. y Rivera, D., 2012. Los ciclones tropicales en Veracruz y sinopsis del huracán Karl. En Las inundaciones de 2010 en Veracruz. Memoria social y medio físico (págs. 78-122). FondoMixto de Ciencia y Tecnología/Conacyt.

Giorgi, F. y Mearns, L., 2001. Calculation of Average, Uncertainty Range, and Reliability of Regional Climate Changes from AOGCM simulations via the “Reliability Ensemble Averaging” (REA) Method. Journal of Climate, Vol. 15, pp. 1141-1158.

INECC, 2013. Vulnerabilidad al cambio climático en los municipios de México. INECC-Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, SEMARNAT, México.

IPCC, 2007: Cambio climático 2007. Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el cambio Climático (Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación). IPCC, Ginebra, Suiza, 104 p. OMM.

Jáuregui, E. y Zitácuaro, I., 1995. El impacto de los ciclones tropicales del Golfo de México en el estado de Veracruz. La Ciencia y el Hombre, 21: 75-119 p.

Jáuregui, E., 2003. Algunos conceptos modernos sobre la circulación general de la atmósfera. Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía, UNAM (50), 121-143 p.

Magaña, R. V. (Editor), 1999. Los impactos de El Niño en México. Universidad Nacional Autónoma de México/ Inter American Instituteforthe Global ChangeResearch/ Secretaría de Gobernación /Secretaría de Educación Pública-Consejo Nacional de Ciencia y tecnología, México, D.F., 229 pp.

Magaña, V., Vázquez, J. y Pérez, J., 2003. Impact of El Niño on Precipitation in Mexico. Geofísica Internacional, 42 (3), 313-330.

Méndez G., 2010. Teleconexiones de la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO) a la precipitación y temperatura en México. Investigaciones Geográficas (73), 57-70.

Nasrallah, H.; Brazel, A. y Balling Jr. R.C., 1990. Analysis of the Kuwait City urban heat. International Journal of Climatology, Vol. 10, pp. 401-405.

Nicholls, N. and W. Murray, 1999. Workshop on Indices and Indicators for Climate Extremes, Asheville, NC, USA, 3-6 June 1997 - Breakout Group B: Precipitation. *ClimaticChange*, **42,** 23-29.

López, F. y Conde C., 2010. Eventos extremos de temperatura. Recuperado en septiembre de 2014, de http://www.atmosfera.unam.mx/gcclimatico/documentos/eventos_2010/taller_ponencia_05.pdf

Moreno, F., 2013. Descripción de la temperatura mínima para los inviernos 2009-2010 y 2010-2011. Meteorólogos. Boletín de meteorología **5**:9-11 p.

Morales R., 2008. *Ondas del Este en las Albercas de Agua Caliente de las Américas.* (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Autónoma de México.

PRONACOSE, 2013. http://www.pronacose.gob.mx/Contenido.aspx?n1=7&n2=2117&n3=5217

Ruíz, B., 2012, Lluvias extremas en Veracruz en 2010 y su relación con la variabilidad natural del clima. En Las inundaciones de 2010 en Veracruz. Memoria social y medio físico (págs. 126-151). Fondo Mixto de Ciencia y Tecnología/Conacyt.

Vázquez, J. L., 2010. Guía para el cálculo y uso de índices de cambio climático en México. Recuperado en septiembre de 2014, de http://www.inecc.gob.mx/descargas/cclimatico/Guia_Indices_CC-2010.pdf.

I.10. **Anexos**

Anexo I Encuestas

Encuesta dirigida a jefes de familia del campo, de la ciudad, amas de casa y personas de más de 60 años que han vivido por largo periodo en la región, con el objeto de recopilar y organizar información sobre las amenazas climáticas que han impactado a su comunidad.

V. Amenazas climáticas

¿Cuáles de los siguientes fenómenos han afectado a la comunidad en los últimos 10 años? (anotar el número de eventos)

Fenómenos meteorológicos						
Temporalidad	Huracanes	Tormentas	Granizadas	Persistencia de temperaturas altas por más de tres días	Vientos	
					Nortes	Suradas
Recientemente						
En los últimos 5 años						
Hace más de 5 años						
Fenómenos climatológicos						
	Sequías	Lluvias intensas	Periodos húmedos	Periodos cálidos	Periodos fríos	
Recientemente						
En los últimos 5 años						
Hace más de 5 años						
Fenómenos hidrometeorológicos						
	Crecientes	Desbordamientos	Inundaciones rápidas	Derribos	Deslizamientos de tierra	
Recientemente						
En los últimos 5 años						
Hace más de 5 años						

VI. Impactos de las amenazas

¿Cuál considera que haya sido el grado de impacto de las amenazas antes mencionadas?

Amenaza	Impactos sobre la comunidad o el medio ambiente natural					Comentarios
	Muy alto	Alto	Medio	Bajo	Muy bajo	
Huracanes						

Tormentas						
Granizadas						
Temperaturas altas por más de tres días						
Vientos						
Sequía						
Incendios						
Inundaciones						
Periodos húmedos						
Periodos cálidos						
Periodos fríos						
Crecientes						
Desbordamientos						
Inundaciones						
Derribos						
Deslizamientos de tierra						

III.- Estrategias llevadas a cabo en la comunidad para enfrentar el impacto de las amenazas climáticas.

Evento	Fecha del suceso	Estrategia llevada a cabo	Comentarios

IV. Existencia de mecanismos para alertar a la comunidad ante posibles amenazas climáticas

Este parte de la encuesta tiene como fin identificar los grupos comunitarios u organizaciones que actúan en pro de la antelación ante la amenaza o auxilio ante los impactos.

IV a) Mencione las organizaciones o instituciones que existen en su comunidad para alertar a la población ante una amenaza climática.

IV b) ¿Qué organización o institución considera usted que tiene mayor relevancia en la actividad de prevención?

Cuestionario dirigido a las personas que tienen posición de captar y atender las necesidades de la comunidad, con el objeto de detectar el nivel de conocimiento local que se tiene sobre las amenazas climáticas en la región.

VII. Amenazas climáticas

¿Cuáles de los siguientes fenómenos han afectado a la comunidad en los últimos 10 años? (anotar el número de eventos)

Fenómenos meteorológicos						
Temporalidad	Huracanes	Tormentas	Granizadas	Persistencia de temperaturas altas por más de tres días	Vientos	
					Nortes	Suradas
Recientemente						
En los últimos 5 años						
Hace más de 5 años						
Fenómenos climatológicos						
	Sequías	Lluvias intensas	Periodos húmedos	Periodos cálidos	Periodos fríos	
Recientemente						
En los últimos 5 años						
Hace más de 5 años						
Fenómenos hidrometeorológicos						
	Crecientes	Desbordamientos	Inundaciones rápidas	Derribos	Deslizamientos de tierra	
Recientemente						
En los últimos 5 años						
Hace más de 5 años						

VIII. Impactos de las amenazas

¿Cuál considera que haya sido el grado de impacto de las amenazas antes mencionadas?

Amenaza	Impactos sobre la comunidad o el medio ambiente natural					Comentarios
	Muy	Alto	Medio	Bajo	Muy	

	alto				bajo	
Huracanes						
Tormentas						
Granizadas						
Temperaturas altas por más de tres días						
Vientos						
Sequía						
Incendios						
Inundaciones						
Periodos húmedos						
Periodos cálidos						
Periodos fríos						
Crecientes						
Desbordamientos						
Inundaciones						
Derribos						
Deslizamientos de tierra						

III.- Estrategias llevadas a cabo en la comunidad para enfrentar el impacto de las amenazas climáticas.

Evento	Fecha del suceso	Estrategia llevada a cabo	Comentarios

V. Mapeo institucional

IV a) ¿Existen organizaciones o dependencias (gubernamentales o no gubernamentales) que aborden problemas relacionados con el cambio climático o con los diferentes tipos de amenazas climáticas?

IV b) Si la respuesta anterior fue afirmativa, mencionar:
¿Qué hacen estas organizaciones?

¿Cómo interactúan con la comunidad?

¿Qué organizaciones reciben apoyos para enfrentar los impactos de las amenazas climáticas?

¿Cuáles son las fortalezas y debilidades de estas organizaciones?

Anexo II Proyecciones CC

Descripción del método REA

El método REA propuesto y desarrollado por Giorgi y Mearns (2001), implementado por primera vez para México por Montero y Pérez (2008) y Montero et al. (2010), se aplicó para integrar la información de los 14 MCG analizados para tres escenarios de radiación: RCP4.5, RCP6.0 y RCP8.5, para las variables precipitación, temperatura mínima y máxima. Como parte de la evaluación del desempeño de los modelos, el método REA requiere datos observados, para lo cual se utilizó la base de la Unidad de Investigación Climática (CRU) versión TS 3.10. Este método de ensamble ponderado da mayor peso a los MCG que contengan los errores y sesgos más pequeños en comparación con los las observaciones y la dispersión futura de los modelos.

La fiabilidad de cada modelo se estima con base en dos criterios: i) Criterio de tendencia: es la similitud de un modelo respecto a los datos observados en el periodo histórico 1971-2000 (las menores diferencias obtendrán mayor confiabilidad) y ii) Criterio de convergencia: es la diferencia del modelo analizado respecto al ensamble de los MCG, es decir, al ensamble ponderado REA. La incertidumbre se estima calculando la raíz del error cuadrático medio del REA.

Los MCG son una herramienta muy útil para estudiar los efectos del cambio climático, pero dada la incertidumbre asociada a éstos no se recomienda utilizar las simulaciones solo de un modelo, sino el promedio de varios. No obstante el promedio

simple de los modelos puede tener varios errores, ya que le da igual peso a cada modelo sin considerar el desempeño de éstos, por tal motivo Giorgi y Mearns (2001) sugieren utilizar un ensamble ponderado, en el cual se le asignen pesos a los modelos de acuerdo a dos criterios, descritos a continuación.

El ensamble ponderado REA (Giorgi y Mearns, 2001), se basa en promediar de forma ponderada cada modelo de acuerdo a dos criterios: 1) a su desempeño, brindando un mayor peso a los modelos con errores y sesgos más pequeños en comparación con las variables observadas en un punto de malla dado y 2) en las proyecciones futuras a su convergencia, donde mientras más cercano este un modelo del promedio REA de los MCG mayor peso tendrá. Este análisis fue calculado por punto de malla del dominio. El ensamble ponderado REA de los 16 modelos utilizados se calcula mediante la ec. 5.

$$\overline{\overset{\sim\sim\sim}{\Delta T}} = \tilde{A}(\Delta T) = \frac{\sum_i R_i \Delta T_i}{\sum_i R_i} \qquad \textit{Ec. 5}$$

Donde R_i es el peso de cada modelo (i) y ΔT es la anomalía de temperatura, por ejemplo. El peso R_i es definido por el producto de dos criterios (ec. 6): el de desempeño ($R_{B,i}$) y el de convergencia (R_D,i), donde los parámetros m y n pueden ser usados para darle más peso a un criterio que a otro, sin embargo en el presente estudio m y n son igual a 1:

$$R_i = \left[\left(R_{B,i}\right)^m \times \left(R_{D,i}\right)^n \right]^{[1/(m \times n)]} \qquad \textit{Ec. 6}$$

El criterio de tendencia se refiere a qué tan diferente es el modelo "i" respecto a los datos observados, en el periodo 1961-2000. Por lo tanto entre menor sea la diferencia de las dos bases de datos, mayor es la confiabilidad de tal modelo. Para lo cual se requiere tener datos históricos de los modelos a utilizar. Este factor se da por la ecuación:

$$R_{B,i} = \left[\frac{\varepsilon}{|B_i|} \right]^m \qquad \textit{Ec. 7}$$

El criterio de convergencia es la distancia del modelo "i" respecto al resto de los modelos, es decir, del promedio REA. Este criterio es un método iterativo (ec. 8), en el que, en la primera iteración se toma en cuenta el promedio simple para calcular la convergencia $[\mathrm{D_{i1}}] = [\Delta \mathrm{T_i} - \overline{\Delta \mathrm{T_i}}]$, la cual se usa en las ecuación 6. Con lo anterior se recalcula la convergencia de cada modelo (iteración 2) con el promedio REA $[\mathrm{D_{i2}}] = [\Delta \mathrm{T_i} - \widetilde{\Delta \mathrm{T_i}}]$, y así sucesivamente. El proceso iterativo se termina cuando se alcanza el criterio de convergencia (que en este caso se consideró cuando $[\mathrm{D_{in}} - \mathrm{D_{in-1}} \leq 0.01]$). Entre menor sea la distancia del modelo "i" mayor será el valor de éste criterio.

$$R_{D,i} = \left[\frac{\varepsilon}{|D_i|} \right]^n \qquad \textit{Ec. 8.}$$

En las ecuaciones 7 y 8 aparece el parámetro ε, el cual es una medida de la variabilidad natural. Para calcular esta variabilidad se eliminó la tendencia del periodo 1945-2005 y se calculó el promedio móvil de 30 años. Finalmente ε se definió como la diferencia entre los valores máximos y mínimos de este promedio.

Para estimar la incertidumbre (ec. 9) del ensamble promedio del REA, se calculó la raíz cuadrática media de la diferencia de los cambios, dado por:

$$\overline{\delta}_{\Delta T} = \left[\frac{\sum_i R_i \left(\Delta T_i - \overline{\tilde{\tilde{\tilde{\Delta T}}}} \right)^2}{\sum_i R_i} \right]^{1/2} \quad \text{Ec. 9}$$

Por lo tanto los límites superior e inferior de la incertidumbre están definidos por:

$$\Delta T_+ = \tilde{\tilde{\tilde{\Delta T}}} + \overline{\delta}_{\Delta T}$$

$$\Delta T_- = \tilde{\tilde{\tilde{\Delta T}}} - \overline{\delta}_{\Delta T}$$

II. SENSIBILIDAD TERRITORIAL, ECOSISTÉMICA Y SOCIOECONÓMICA

II.1. Introducción

El área de estudio (figura 158) de los tres municipios costeros de Veracruz esta conformada por un conjunto de tierras bajas que se extienden, pegadas al litoral del Golfo, sobre 995.8 Km^2. Comprende a los municipios de San Rafael, Tecolutla y Gutiérrez Zamora, los que en 2010 contaban en su conjunto con 78,756 habitantes, agrupados básicamente en sus respectivas cabeceras municipales (82% del total). El resto corresponde a la población rural con 13,999 habitantes, distribuidos en pequeñas localidades con una densidad en el campo de 14 Hab/Km^2. (UV)

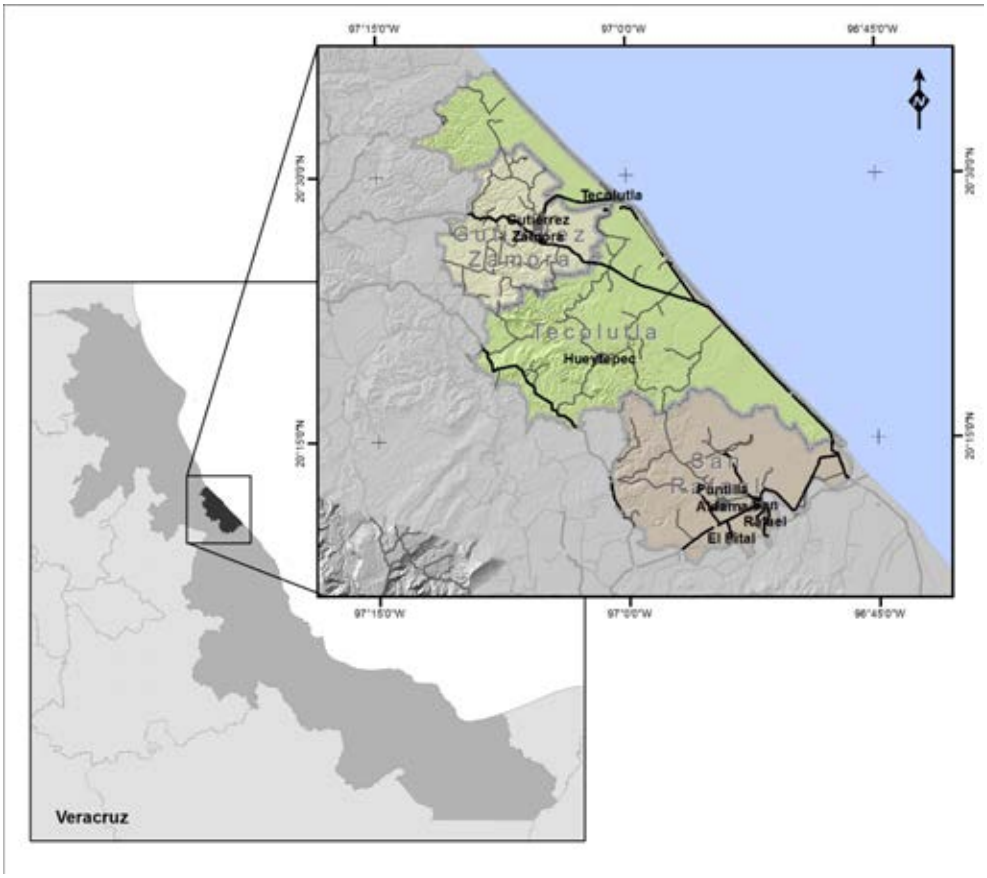


Figura 158. Área de estudio con los municipios costeros de Veracruz

La metodología que se va a utilizar para el análisis de la vulnerabilidad ya fue descrita en los documentos de los municipios de la región de Los Tuxtlas y en la zona montañosa de Tatatila y Las Minas, por lo que a continuación se presenta una síntesis de las características generales de los tres municipios que conforman esta región descritas por la Universidad Veracruzana en este mismo estudio.

Las llanuras costeras donde se asientan los municipios costeros de San Rafael, Tecolutla y Gutiérrez Zamora se conformaron por antiguas playas que fueron ganando terrenos al mar, guardando en su interior una serie de zonas inundables que discurren entre la actual línea de costa y los pequeños lomeríos bajos de tierra adentro, elevaciones que no logran rebasar los 60 metros sobre el nivel del mar. Dichas áreas de inundación intermitente recogen las aguas de varios escurrimientos, conectan con algunos esteros y también con las desembocaduras de los ríos Tecolutla, al norte del área de estudio, y Nautla, al sur. Los efluentes guardan las características propias de los paisajes de bocana en el Golfo veracruzano: sistemas meándricos con brazos, barras y lagunas costeras en proximidad. A lo largo del litoral se han desarrollado una serie de asentamientos humanos con crecientes actividades turísticas conocido como Costa Esmeralda".

El municipio de Tecolutla limita al norte con el municipio de Papantla, al este con el Golfo de México, al oeste con los municipios de Gutiérrez Zamora y Papantla, y al sur con los municipios de San Rafael y Martínez de la Torre. Su superficie es irrigada por pequeños arroyos tributarios del río Tecolutla1. Su principal recurso natural son las tierras fértiles destinadas a la agricultura y ganadería; la producción agrícola contempla los cultivos de maíz, chile, frijol, plátano Roatán, vainilla, caña de azúcar, tabaco, piña, sandía, jícama, naranja,

limón, toronja mandarina y coco. Su actividad agrícola es considerada como compleja, “por las características del entorno y por la práctica de cultivos de temporal con alto riesgo de siniestros por las sequias”. En la actividad pecuaria se realiza la cría de bovinos, porcinos y de gallináceas1. De acuerdo al Monitor de Sequía en este municipio en 2008 y 2009 se presentaron condiciones de anormalmente seco a moderado y en 2011 las condiciones de sequía fueron severas.[14]

Dentro de los productos de pesca, por importancia económica destaca la Tilapia y en los recursos forestales, el municipio no cuenta con un programa de reforestación o de pago por servicios ambientales a pesar de contar con áreas cubiertas de bosques de mangle en la cabecera municipal, Río Blanco, La Guadalupe, Casitas, Boca de Lima, La Victoria y Riachuelos1.

El municipio de Gutiérrez Zamora se ubica sobre la llanura costera del Golfo de México y en la Subprovincia de llanuras y lomeríos. Las elevaciones más importantes son el Cerro de la Cruz, el Cerro del Aguayo y el Cerro de la Bandera. Limita al norte, este y sur con el municipio de Tecolutla, y al oeste con el municipio de Papantla. Su superficie se encuentra regada por el río Tecolutla y sus afluentes, los cuales presentan contaminación que impacta en la pérdida gradual de su flora y fauna nativa, y por ende en el microclima de la zona. Dentro de las corrientes fluviales perennes de mayor importancia se encuentran los ríos Vinazco, Pantepec, Cazones Necaxa y Jajalpa. Los arroyos principales son: Mafafas, Cepillo y Grande.

En el texto del Plan de Desarrollo Municipal 2014-2017[15] se menciona que las depresiones que se encuentran en las márgenes de los ríos son zonas susceptibles de inundación, principalmente las de las márgenes del río Tecolutla. En el área urbana habita el 56.05% de la población total municipal y el 43.95% en zonas rurales.

En cuanto a las actividades relacionadas con los aspectos económicos y de desarrollo regional, se tiene el desarrollo de la agricultura de temporal, principalmente en las zonas oeste y en la suroeste y centro del municipio destacando los cultivos de maíz, caña de azúcar, papaya, mango y naranja dulce, para fines comerciales y de autoconsumo. En la zona norte y la sureste del municipio se localizan las áreas de pastizal cultivado y se destina una superficie de 7,629.10 hectáreas a la ganadería con 1058 unidades de producción rural.

El municipio de San Rafael se ubica en la región centro—norte del Estado de Veracruz. Limita al norte y noreste con el municipio de Tecolutla, al sur con los municipios de Misantla y Nautla, al sureste con el municipio de Nautla, y al oeste con el municipio de Martínez de la Torre. Fue declarado municipio libre y soberano el 15 de diciembre de 2003.

En el texto del Plan de Desarrollo Municipal 2014-2017[16] se hace especial referencia a los escurrimientos generados por las estribaciones de la Sierra Madre Oriental, ya que dan lugar a la formación de arroyos y esteros que originan zonas

[15] Plan de Desarrollo Municipal de Gutiérrez Zamora 2010-2017. http: http://www.gutierrezzamora.gob.mx/3.%20PLAN%20MUNICIPAL%20DE%20DESARROLLO%20FINAL%202014-2017%20GUTI%C3%89RREZ%20ZAMORA.pdf

[16] Plan de Desarrollo Municipal de San Rafael 2014-2017. http://www.orfis.gob.mx/planes-municipales-14-17/147_PM.pdf

de inundación por la baja pendiente de las tierras en las que se encuentran. Desde el punto de vista de la Protección Civil estos cuerpos son de rápida respuesta ante lluvias fuertes, situando a la población asentada cerca de las márgenes en condición de vulnerabilidad.

Su superficie es irrigada además por el río Nautla y el río Bobos. El Estero Tres Bocas es considerado como el cuerpo de agua más importante en el municipio. Las áreas de inundación y de pantanos se ubican en zonas cuyas alturas son de 5 metros sobre nivel medio del mar.

La actividad económica de este municipio depende en un 90% del sector agropecuario. Su producción agrícola se basa en el cultivo de cítricos, plátano, tabaco, caña de azúcar, vainilla, maíz, frijol, Jamaica real, lichi y limón persa. El limón es un cultivo de exportación hacia mercados de Estados Unidos, Francia y Japón. Su producción ganadera de bovino es destinada al consumo local y nacional y la producción de ganado de registro es destinada a exposiciones ganaderas.

II.2. **Análisis de los componentes del medio físico-biológico**

II.2.1. **Clima Observado**

Para este estudio la Universidad veracruzana consideró la región comprendida entre los 19° 30’ y 20° 30’ de latitud norte y los 96° 15’ y 97° 15’ de longitud oeste para la generación de la cartografía y la consideración de la región Tecolutla dentro del contexto hidrogeográfico.

A continuación se sintetiza la información relacionada con los temas del clima generada por la UV que será utilizada en la evaluación de la vulnerabilidad socioambiental de estos municipios ante los impactos ante eventos climáticos. En la figura 159 se muestra la localización de las estaciones climatológicas utilizadas para el análisis, así como los niveles altitudinales presentes. Se observa que en la región predominan los niveles entre los 0 y 100 metros, y las altitudes mayores se encuentran en el rango de los 100 a 300 metros. El cuadro 68 contiene la información sobre los periodos de registro de las estaciones climatológicas utilizadas en el estudio y su ubicación en el contexto hidrológico.

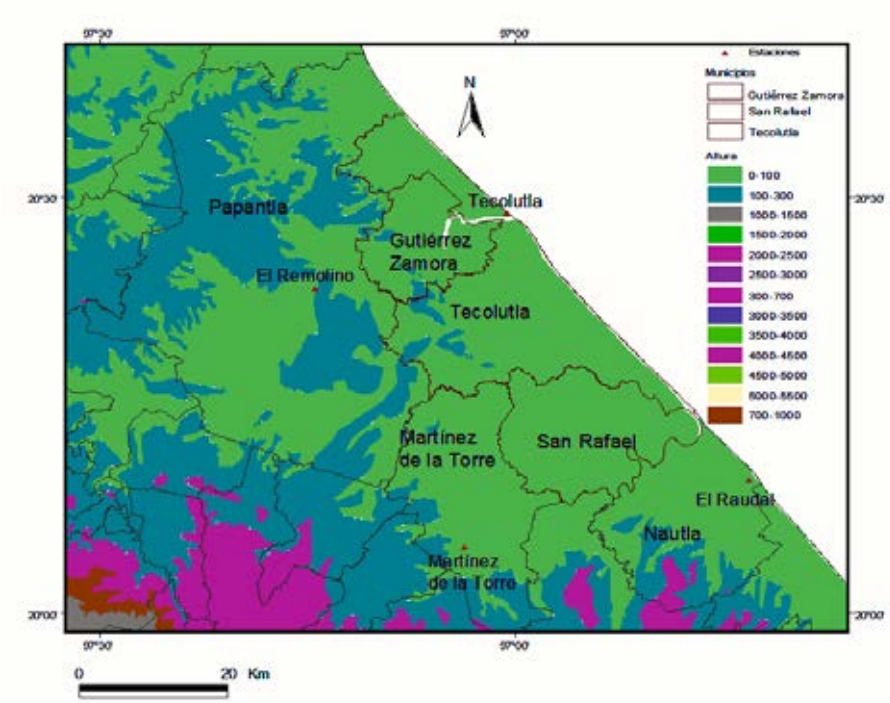


Figura 159. Niveles altitudinales presentes en la región Tecolutla y estaciones climatológicas. Tomado de la UV (este estudio)

Cuadro 68. Estaciones climatológicas utilizadas para generación del escenario base observado.

Clave	Estación	Municipio	Cuenca	Inicio	Latitud norte	Longitud oeste	Altura (msnm)
30054	El Raudal	Nautla	Río Nautla	01/01/1961 operando	20°09’22’’	96°43’16’’	10
30055	El Remolino	Papantla	Río Tecolutla	01/01/1961 continúa operando	20°23’15’’	97°14?36’’	119
30102	Martínez de la Torre	Martínez de la Torre	Río Nautla	01/12/1954 continúa operando	20°04’45’’	97°03’50’’	89
30171	Tecolutla	Tecolutla	Río Tecolutla	01/07/1926 continúa operando	20°28’45’’	97°00’35’’	7

El mapa de climas muestra las áreas que abarcan los climas predominantes de acuerdo a la información de CONABIO. Como se aprecia en la figura 160 en

los municipios de interés predomina el clima cálido húmedo. El cuadro 69 contiene la descripción de los tipos y subtipos presentes en la región de estudio.

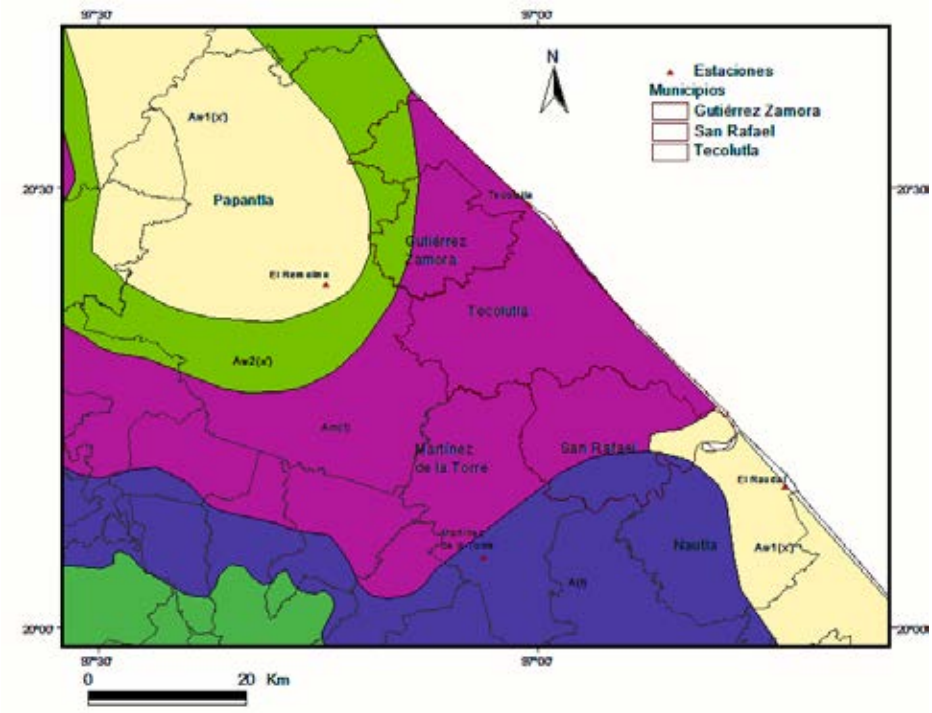


Figura 160. Climas en la regíon Tecolutla. Fuente: E. García-CONABIO, 1998, esc 1:1000,000 publicado en 2001. Tomado de la UV (este estudio)

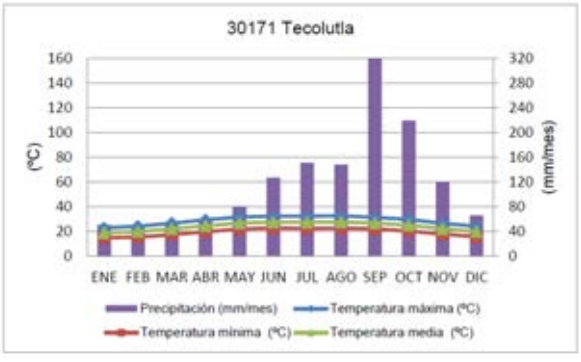
Cuadro 69. Tipos y subtipo de los climas que se encuentran en la región al sistema de Köppen modificado por García (1988).

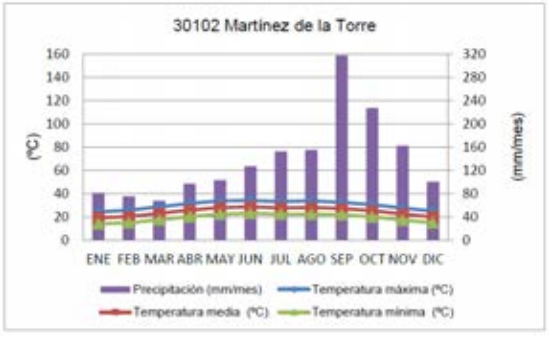
A(f)	Cálido húmedo, temperatura media anual mayor de 22ºC y temperatura del mes más frio mayor de 18ºC. Este tipo de clima se encuentra presente entre los
Am(f)	Cálido húmedo, temperatura media anual mayor de 22ºC y temperatura del mes más frio mayor de 18ºC.
Aw1(x')	Cálido subhúmedo, temperatura media anual mayor de 22ºC y temperatura del mes más frio mayor de 18ºC.
Aw2(x')	Cálido subhúmedo, temperatura media anual mayor de 22ºC y temperatura del mes más frio mayor de 18ºC.

En el cuadro 70 se proporciona la información obtenida del análisis de los climogramas para el periodo de registro 1950-2000, de las estaciones climatológicas mencionadas en el cuadro 68. Los gráficos correspondientes a los climogramas se proporcionan en la figura 161.

Cuadro 70. Climas por estación climatológica de acuerdo al sistema de Köppen modificado por García (1988).

Estación/datos	Tecolutla	El Raudal	Martínez de la Torre	El Remolino
Altitud (msnm)	7	10	89	119
T media anual (°C)	23.9	23.7	24.4	24.3
Temperatura media del mes más frío y mes en que se presenta.	18.7 enero	18.5 enero	19 enero	18.9 enero
Temperatura media del mes más caliente y mes en el que se presenta.	27.4 Jun. y ago.	27.2 junio	28.3 junio	28.1 mayo
Precipitación total anual (mm)	1451	1630	1660.5	1319
Precipitación del mes más seco y mes en el que se presenta.	50.1 febrero	63.1 marzo	67.2 marzo	47.3 marzo
Precipitación del mes más lluvioso y mes en el que se presenta.	332.7 septiembre	312.6 septiembre	317.2 septiembre	270.8 septiembre
% de lluvia invernal	10.4	13.3	13.4	12
Determinación del régimen de lluvias.	De verano	Intermedio	Intermedio	Intermedio
Corresponde a un a clima seco	no	no	no	no
Grupo de clima.	Cálido	Cálido	Cálido	Cálido
Subgrupo húmedo o subhúmedo	Subhúmedo	Húmedo	Húmedo	Subhúmedo
Cociente Pc/T	60.7	68.8	68.0	54.3
Presenta canícula	En agosto	no	no	En julio
Oscilación térmica anual.	8.7 extremoso	8.7 extremoso	9.3 extremoso	9.2 extremoso
Tipo y subtipo de clima	Am(f)	Aw1(x)	A(f)	Aw1(x)





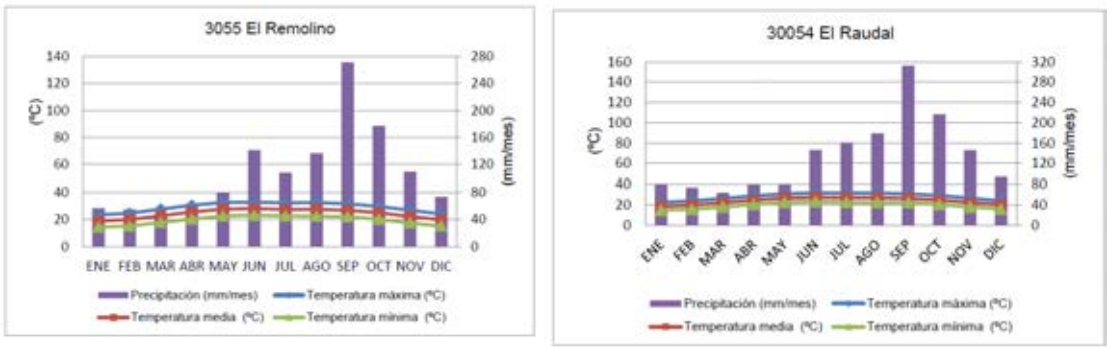


Figura 161. Climogramas correspondientes a las estaciones climatológicas: Tecolutla, Martínez de la Torre, El Remolino y El Raudal. Periodo 1951-2000. Tomado de la UV (este estudio)

Del análisis de los cuatro climogramas se encuentra que la canícula se presenta en el mes de agosto en Tecolutla y en Papantla durante el mes de julio. En las dos estaciones ubicadas al sur de la región no se presenta esta amenaza climática. Cabe mencionar que las estaciones climatológicas Tecolutla y El Raudal se encuentran muy cercanas a la costa del Golfo de México, por lo que están expuestas al impacto de las precipitaciones generadas por el paso de frentes fríos y ciclones tropicales, así como a los flujos de humedad asociados a los vientos alisios y los sistemas convectivos generados por contraste térmicos entre zonas marítimas y terrales.

II.2.1.1. **Sistemas de circulación**

La región costera del centro de Veracruz se encuentra expuesta al flujo de los vientos alisios durante gran parte del año. La presencia, recorrido e intensidad de estos vientos depende de la ubicación y potencia de la alta presión del Atlántico Norte, pudiendo adquirir estos vientos en el invierno dirección noreste o este-noreste en el hemisferio Norte (Cuadrant y Pita, 1997). Además, por la ubicación de la región respecto al flanco oeste del anticiclón, se encuentra influenciada por la incursión de masas de aire marítimo tropical y por la humedad transportada por

estos vientos, la cual al enfrentarse con barreras orográficas, dará lugar a lluvias que condicionaran las condiciones de humedad de la región de estudio.

La condición de vientos, temperaturas y precipitación durante los meses de octubre a mayo también dependerá del paso de las masas de aire polar en forma de frentes fríos denominados Nortes, y de la invasión de aire frío asociado al paso de vaguadas polares (Tejeda *et al*., 1989).

II.2.1.2. **Ondas del este y ciclones tropicales**

Dentro del flujo de los vientos alisios se llegan a desarrollar perturbaciones que adquieren forma de vaguadas abiertas (que forman ondas) de relativa poca amplitud. De acuerdo a Jáuregui (2013), las velocidades de desplazamiento pueden llegar a ser de entre 500 y 600 km por día.

Estas perturbaciones pueden llegar a convertirse en ciclones tropicales (depresiones tropicales, tormentas tropicales o huracanes) y afectar la región de estudio. Tejeda *et al.,* (1989) mencionan que las depresiones o las tormentas tropicales que han ingresado o pasado cerca del territorio veracruzano, dejan cantidades considerables de lluvia, sobre todo el mes de septiembre.

En 2003, Jáuregui encuentra a partir de un análisis que realiza sobre el potencial de daño de huracanes que incursionaron durante 1950-2000 a México, que las trayectorias provenientes del Pacífico y del Atlántico se han incrementado en número durante los años noventa, y que en particular los del Pacífico se incrementaron en la última década.

Cabe mencionar que la región Tecolutla se encuentra entre la envolvente con valores de 80 por ciento de probabilidad de afectación por la trayectoria de un sistema ciclónico proveniente de entre los 13° 15' y 15° de latitud norte; esto considerando el mapa de áreas de probabilidad de empírica de impacto de ciclones tropicales en las ciudades de Poza Rica, Tuxpan y alrededores, construido por Palma (*et al*. 2012), considerando un radio de afectación de 110 km para tres puertos del estado de Veracruz y el puerto de Tampico, considerando las trayectorias de los ciclones tropicales (CT) en el periodo 1851-2011 (ver figura 162).

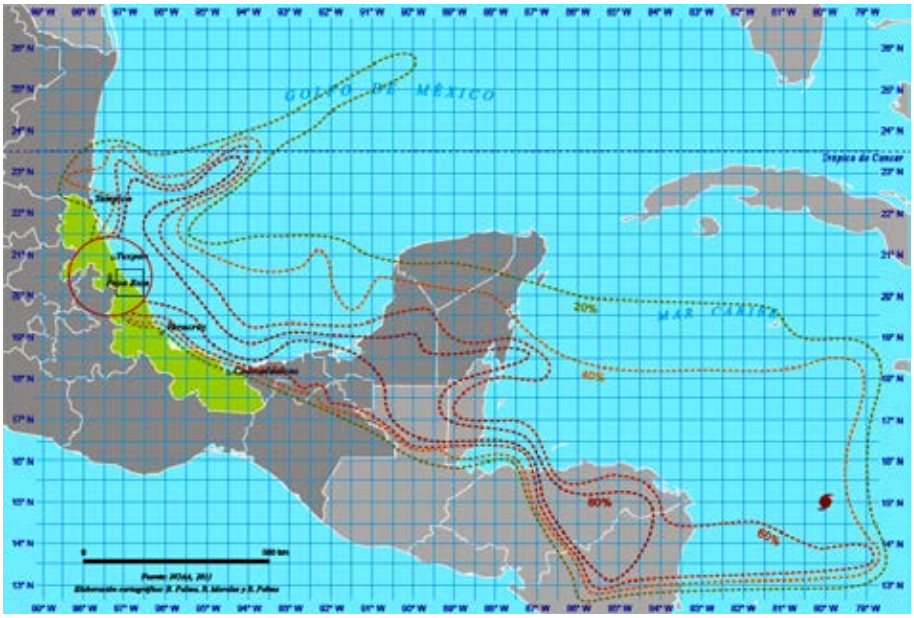


Figura 162**.** Región de estudio y las áreas de probabilidad de impacto ciclónico para las ciudades de Poza Rica, Tuxpan y alrededores17.

Por tanto, la región de estudio resulta vulnerable al paso de los ciclones tropicales, los cuales se presentan dentro del periodo mayo a noviembre. En la figura 163 se muestran las trayectorias de los sistemas ciclónicos que incursionaron dentro de la región de estudio en el periodo 1888-2011.

[17] http://peccuv.mx/probabilidad-de-impacto-de-ciclones-en-veracruz/probabilidad-empirica-de-impacto-de-ciclones-tropicales-en-las-ciudades-de-poza-rica-tuxpan-y-alrededores/

Figura 163. Trayectorias de sistemas ciclónicos tropicales que ingresaron a la región de estudio durante el periodo 1851-2011.

Los autores antes mencionados documentan sobre estos sistemas lo siguiente en cuanto a su trayectoria o impactos:

- Huracán de 1866. Se forma el día 13 de agosto, al occidente del Arco de las Antillas Menores. Para el día 17 ingresa a la costa veracruzana a la altura de Nautla, Ver., como sistema debilitado para continuar su trayectoria hacia la Sierra Madre Oriental.
- Tormenta Tropical 1933. Se forma al noreste del Arco de las Antillas Menores el día 14 de julio. Cruza el mar Caribe y para el día 20 ingresa a la costa veracruzana por la parte norte del estado, a la altura de Tecolutla, Ver.

- Huracán de 1936. Se forma al oeste del mar caribe el 28 de agosto. Alcanza la categoría de huracán dentro de la Sonde de Campeche, y para el día 30 impacta la costa veracruzana ingresando a la altura de Tecolutla, Ver.
- Tormenta Tropical Florence de 1954. Se forma el 11 de septiembre en la porción suroeste del Golfo de México; alcanza la categoría de huracán y para el día 12 impacta la costa veracruzana ingresando a la altura de Nautla, Ver., continuando su trayectoria hacia Martínez de la Torre y Tlapacoyan.
- Huracán Dean de 2007. Se forma en el océano Atlántico el 13 de agosto. Para el día 21 se ubica con categoría de huracán (categoría 5) frente a las costas de Quintana Roo y en su trayectoria cruza el Golfo de México con categoría 1 y el 22 ingresa a la costa veracruzana a la altura de Tecolutla. Este ciclón ocasionó inundaciones en gran parte del estado de Veracruz por la lluvia asociada y pérdidas en el sector agrícola y ganadero. De acuerdo a estos autores en Nautla se dañaron albergues y se evacuaron a 1200 familias.

En la figura 164 se muestra la distribución espacial de la precipitación acumulada a partir de la fecha de ingreso a costa veracruzanas de este huracán (categoría 5) hasta dos días posteriores. En ella se aprecia a que los mayores acumulados de precipitación se centran sobre la estación de El Remolino, Papantla, la cual corresponde a la parte alta de la región de estudio. Hacia la zona de costa, se tiene un segunda máximo de precipitación sobre la estación Tecolutla y un mínimo hacia las estaciones de Martínez de la Torre y Nautla (99 a 115 mm). Como se mencionó en el párrafo anterior la región este sistema dejó cantidades considerables de precipitación, las cuales impactaron negativamente a gran parte del estado de Veracruz.