



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS Y
EMPRESARIALES**

**CAMBIO CLIMÁTICO Y AGRICULTURA EN LA REGIÓN
TIERRA CALIENTE DE MICHOACÁN, ESCENARIOS 2025-2075**

**TESIS QUE PARA LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE
DOCTORA EN CIENCIAS DEL DESARROLLO REGIONAL**

PRESENTA:

M.C. ALBA MARÍA ORTEGA GÓMEZ

DIRECTOR DE TESIS

DR. CARLOS FRANCISCO ORTIZ PANIAGUA

CODIRECTOR

DR. ARTURO CHACÓN TORRES

MORELIA, MICHOACÁN, JUNIO DE 2017

Índice general

Índice general	1
Índice de tablas	6
Índice de figuras	8
Acrónimos, siglas y abreviaturas.....	10
Glosario de términos	12
Resumen	17
Abstract	18
Introducción	19
LOS FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	23
1.1 Evidencias físicas del cambio climático global.....	25
1.1.1 Incremento de la temperatura promedio global y radiación solar	27
1.1.2 Incremento de la temperatura y el nivel del mar	29
1.1.3 Intensidad en los eventos climáticos extremos.....	30
1.2 La importancia de la agricultura en la economía	31
1.3 Cambio climático: vulnerabilidad, riesgo y amenazas en la agricultura	33
1.3.1 La vulnerabilidad y el cambio climático.....	34
1.3.2 La vulnerabilidad en Michoacán.....	36
1.4 La sequía y el cambio climático	39
1.4.1 Las sequías históricas de México	40
1.5 Las sequías y sus implicaciones.....	41
1.5.1 Las sequías en Michoacán.....	42
1.5.2 La sequía asociada a El Niño 2015 y La Niña 2016 en la RTC	44
1.6 Factores que hacen vulnerable la Región Tierra Caliente.....	45
1.6.1 Factores ambientales	46
1.6.2 Factores sociales	47
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	48
1.7 El cambio climático y la agricultura	48
1.8 Justificación	52
1.9 Problema de investigación	54
1.10 Preguntas de investigación	54
1.11 Objetivo general	55
1.12 Objetivos específicos	55
1.13 Hipótesis.....	56
1.14 Variables, índices e indicadores	56

1.15 Tipo de investigación.....	58
CAPÍTULO II	59
MARCO TEÓRICO.....	60
2.1 El modelo de desarrollo del siglo XVI	61
2.1.1 Auge del modelo agrícola mexicano	62
2.2 El desarrollo sustentable como paradigma	65
2.3 La ciencia del cambio climático.....	68
2.3.1 Las atribuciones y trabajos del IPCC	70
2.3.2 Posturas teóricas del cambio climático	72
2.4. El cambio climático: natural y antropogénico.....	75
2.4.1 El Niño, Oscilación del Sur.....	78
2.5 Escenarios de cambio climático.....	78
2.5.1 Escenarios del cambio climático global	81
2.5.2 Escenarios de temperatura para México	82
2.5.3 Escenarios de precipitación proyectados para México.....	83
2.5.4 Incertidumbre de los escenario de cambio climático	85
2.6 Los costos del cambio climático en México	86
2.7 Impactos proyectados del Cambio climático.....	88
2.7.1 Impactos del cambio climático en la salud.....	89
2.7.2 Impactos sobre el agua y la biodiversidad	94
2.7.3 Impactos en la economía	95
2.8 Conceptualización teórica de la vulnerabilidad y el riesgo	96
2.8.1 La vulnerabilidad y sus definiciones.....	96
2.8.2 Elementos de la vulnerabilidad	98
2.9 El riesgo y sus acepciones.....	99
2.9.1 La adaptación como elemento del riesgo	103
2.10 La amenaza de sequía.....	105
2.10.1 Conceptos y definiciones de la sequía.....	106
2.10.2 Impactos de la sequía en el ecosistema	108
CAPÍTULO III	110
3.1 La regionalización de Michoacán	111
3.2 Ubicación geográfica de la Región Tierra Caliente.....	113
3.3 Características físicas de los siete municipios de la RTC	114
3.4 Caracterización Climática.....	116
3.4.1 Caracterización climática de los siete municipios de la RTC.....	119
3.4.2 Uso de suelo y vegetación de la Región tierra Caliente	120
3.5 Caracterización Economía	121
3.5.1 Producción agrícola.....	124

3.5.2 Producción ganadera	127
3.5.3 Producción forestal maderable.....	130
3.5.4 Minería.....	131
3.5.5 Servicios	132
3.6 Dinámica poblacional de la RTC	133
3.7 Marginación	137
CAPÍTULO IV	139
4.1. Tratamiento de los datos de las estaciones climatológicas	141
4.1.1 Revisión y selección de las estaciones climatológicas	141
4.1.2 Longitud de las series climáticas.....	143
4.1.3 Control de calidad de los datos climatológicos	144
4.1.4 Homogeinización de datos con RHTest V4	145
4.2 Detección de la señal de cambio climático	145
4.2.1 Coeficiente de correlación de Mann-Kendall	146
4.3 Tendencias en la precipitación.....	148
4.4 Escenarios de cambio climático de LARS-WG, V. 4.0	149
4.4.1 Selección de los escenarios de cambio climático de LARS-WG, V. 4.0	151
4.5 Detección de peligro.....	155
4.5.1 Índices climáticos de R-ClimDex.....	155
4.5.2 Tratamiento de los índices generados por R-ClimDex	157
4.5.3 Número de días secos consecutivos en un año	157
4.5.4 Número de días con temperaturas máximas mayor a 25°C	158
4.6 Amenaza de sequía	158
4.6.1 Índice de precipitación estandarizada (SPI).....	159
4.6.2 Probabilidad de no excedencia	164
4.6.3 Periodo de retorno.....	164
4.7 Costos económicos de la agricultura de temporal atribuibles al cambio climático	165
4.7.1 Supuestos del modelo de los costos económicos de la agricultura de temporal atribuibles al cambio climático	166
4.8 Vulnerabilidad social	167
4.9 Vulnerabilidad agrícola municipal de la Región Tierra Caliente	169
4.9.1 Índice de especialización económica (IEE).....	170
4.9.2 Índice de concentración de la población en el sector primario ICP	171
4.9.3 Índice de diversificación de las actividades económicas municipales (IDiv)	172
4.10 Índice de vulnerabilidad total: agrícola, social y económica (IVSE)	172
4.11 Exposición	174
4.12 Resiliencia de los productores agrícolas.....	175
4.12.1 Tipificación agrícola.....	176

4.12.2 Avance agrícola de los productores de la RTC.....	177
4.12.3 Estandarización de datos para la integración de los resultados.....	178
CAPÍTULO V	180
RESULTADOS	180
5.1 Estaciones climatológicas homogeneizadas.....	181
5.1.1 Revisión histórica del clima de la RTC.....	184
5.2 La señal del cambio climático.....	185
5.2.1 Resultados de las tendencias de cambio climático Mann-Kendall anual.....	185
5.2.2 Tendencias de precipitación proyectadas con RHtest V4.....	189
5.3 Escenarios de cambio climático.....	190
5.4 Detección de peligro.....	195
5.4.1 Índices climáticos de R-ClimDex.....	196
5.5 La amenaza de sequía: índice de precipitación estandarizado.....	200
5.5.1 Probabilidad de no excedencia y periodo de retorno de las sequías en la RTC.....	202
5.6 Los costos atribuibles al cambio climático.....	205
5.6.1 La producción agrícola de temporal 2003-2015 de la RTC.....	205
5.6.2 Valor de la producción.....	206
5.7 Modelo propuesto para estimar los costos atribuibles al cambio climático.....	208
5.8 Rendimientos de maíz en la RTC bajo escenarios de cambio climático.....	211
5.9 Índice de Vulnerabilidad socioeconómica (IVSE).....	215
5.10 Exposición.....	218
5.10.1 Exposición de los productores agrícolas.....	218
5.10.2 El índice de marginación.....	219
5.10.3 Índice de exposición.....	220
5.11 Resultados de la Resiliencia de los productores agrícolas.....	222
5.11.1 Tipificación de la agricultura.....	222
5.11.2 Vulnerabilidad agrícola.....	223
5.11.3 Resiliencia de los productores de la RTC.....	224
CONCLUSIONES	227
Medidas de adaptación.....	231
Recomendaciones generales.....	233
Líneas futuras de investigación.....	235
Bibliografía.....	237
Anexos.....	258
Anexo I. Indicadores para la obtención de la vulnerabilidad agrícola.....	258
Anexo II. Análisis de componentes principales (ACP) de las variables agrícolas.....	268
Anexo III. Resultado del análisis de componentes principales (ACP) de las variables socioeconómicas.....	272

Anexo IV. Valor de la Producción agrícola de temporal anual de los siete municipios de la Región
Tierra Caliente, período 2003-2015 276

Índice de tablas

Tabla 1. Variables, índices e indicadores empleados en la investigación	56
Tabla 2. Impactos del cambio climático proyectados por el IPCC (2007)	89
Tabla 3. Afectaciones en la salud ocasionados por los efectos del cambio climático	90
Tabla 4. Superficie agrícola en hectáreas con asistencia técnica por municipio.....	126
Tabla 5. Volumen de la producción ganadera en toneladas de los municipios de la RTC (2014) .	129
Tabla 6. Volumen de la producción forestal maderable de los municipios de la RTC (2014)	131
Tabla 7. Volumen de la producción de cobre, plata y oro de Huetamo, 2012, 2013 y 2014	132
Tabla 8. Población de la Región Tierra Caliente, año 2010	136
Tabla 9. Estaciones climatológicas de la RTC	143
Tabla 10. Características de las estaciones meteorológicas del área de estudio	151
Tabla 11. Escenarios climáticos seleccionado para las proyecciones de LARs	153
Tabla 12. Indicadores generados por el programa R-ClimDex.....	156
Tabla 13. Categorías del SPI propuestas por McKee et al. (1993)	161
Tabla 14. Clasificación del SPI propuesto por Lloyd Hughes et al. (2002).....	163
Tabla 15. Indicadores para medir de la vulnerabilidad social	168
Tabla 16. Procesamiento para la normalización de la información del IVSO	169
Tabla 17. Métodos para el cálculo del Índice de Vulnerabilidad Total.....	173
Tabla 18. Dimensiones e indicadores para medir la marginación socioeconómica	175
Tabla 19. Variables empleadas en la metodología de la tipificación agrícola	176
Tabla 20. Criterios considerados para la tipificación agrícola.....	177
Tabla 21. Variables e indicadores de la medición de la resiliencia de los productores agrícolas ..	178
Tabla 22. Tendencias de cambio climático para la estación 16051	185
Tabla 23. Tendencias de cambio climático para la estación 16059	186
Tabla 24. Tendencias de cambio climático para la estación 16075	187
Tabla 25. Tendencias de cambio climático para la estación 16123	187
Tabla 26. Tendencias de cambio climático para la estación 16139	188
Tabla 27. Tendencias de cambio climático para la estación 16140	188
Tabla 28. Ecuaciones obtenidas del análisis RHtest V4.....	189
Tabla 29. Valores de cambio climático de las proyecciones de las temperaturas máximas	193
Tabla 30. Valores de cambio climático de las proyecciones de las temperaturas mínimas.....	194
Tabla 31. Categorización de las sequías históricas (SPI)	202
Tabla 32. Probabilidad de no excedencia y periodo de retorno.....	203
Tabla 33. Categorización del SPI.....	204
Tabla 34. Incremento de temperatura máxima bajo escenarios de cambio climático	212
Tabla 35. Porcentaje de la reducción de rendimiento de maíz bajo escenarios de cambio climático	213

Tabla 36. Reducción de la producción de maíz bajo escenarios de cambio climático	213
Tabla 37. Resultados del cálculo de los índices IVSO, IVIEA e IVSE	215
Tabla 38. Evolución del índice de desarrollo humano de los municipios de la RTC	216
Tabla 39. Resultados de la exposición	220
Tabla 40. Índices de impacto económico de la agricultura en la economía regional	223
Tabla 41. Resiliencia de los productores de la RTC	225
Tabla 42. Unidades de Producción invierno 2007	258
Tabla 43. Unidades de producción primavera-verano 2007	259
Tabla 44. Unidades de producción con cultivos perennes según superficie plantada, en producción y volumen cosechado por cultivo o plantación, entidad y municipios de la RTC	260
Tabla 45. Unidades de producción que reportan agricultura bajo contrato distribuidas según principales cultivos de Michoacán y la RTC.....	261
Tabla 46. Unidades de producción con superficie de riego según fuente del agua utilizada para irrigación de los cultivos por entidad y municipio	261
Tabla 47. Unidades de producción con superficie de riego según calidad del agua utilizada para irrigación de los cultivos de la entidad los municipios de la RTC	262
Tabla 48. Unidades de producción con superficie agrícola y su distribución según disponibilidad de agua para riego y área de temporal de la entidad Y los municipios de la RTC	262
Tabla 49. Unidades de producción con superficie agrícola según tipo de tracción utilizada para las actividades agrícolas de la entidad y los municipios de la RTC	263
Tabla 50. Unidades de producción con superficie agrícola según tipo de tracción utilizada para las actividades agrícolas de la entidad y los municipios de la RTC	263
Tabla 51. Superficie ensalitrada y erosionada de las unidades de producción según temporalidad de la entidad y los municipios de la RTC	264
Tabla 52. Superficie agrícola total según tipo de tecnología aplicada para el manejo de los cultivos o plantaciones por entidad y municipio (hectáreas).....	264
Tabla 53. Tipo de tecnología aplicada en las labores agrícolas	265
Tabla 54. Superficie agrícola total según el empleo de tecnología aplicada para el manejo de los cultivos o plantaciones por entidad y municipios de la RTC (hectáreas).....	265
Tabla 55. Superficie agrícola total según el empleo de tecnología aplicada para el manejo de los cultivos o plantaciones por entidad y municipios de la RTC (hectáreas).....	266
Tabla 56. Tipo de tecnología aplicada en las labores agrícolas	266
Tabla 57. Unidades de riego	266
Tabla 58. Unidades de producción con disponibilidad de instalaciones para el manejo de la producción agrícola según tipo de instalación de la entidad y los municipios de la RTC.....	267
Tabla 59. Unidades de producción con actividad agropecuaria o forestal según cobertura de crédito o seguro por la entidad y los municipios de la RTC.....	267

Índice de figuras

Figura 1. Evidencias del cambio climático global.....	26
Figura 2. Temperatura global y radiación solar 1980-2010	28
Figura 3. Zonas inundables en México	30
Figura 4. Pérdida por siniestros en la producción agrícola de temporal 2003-2015 en la RTC	53
Figura 5. El efecto invernadero	69
Figura 6. Emisiones mundiales de CO ₂ , de 1959-2013 en gigatoneladas.....	76
Figura 7. Escenarios de emisiones de CO ₂ y concentraciones atmosféricas de 1900-2100	79
Figura 8. Escenarios de cambio climático propuesto por el IPCC (2000)	80
Figura 9. Elementos del riego	102
Figura 10. La diez regiones del estado de Michoacán de Ocampo.....	112
Figura 11. Región VIII Tierra Caliente.....	113
Figura 12. Municipios de la Región Tierra Caliente	114
Figura 13. Mapa de los tipos de clima de la RTC	117
Figura 14. Mapa de uso de suelo y vegetación de la RTC	121
Figura 15. Porcentaje del valor de la producción por cultivo	123
Figura 16. Valor de la producción de aguacate de los municipios de la RTC 2003-2016.....	124
Figura 17. Principales cultivos de la RTC	127
Figura 18. Porcentaje de la producción pecuaria de la RTC	128
Figura 19. Producción pecuaria por municipio de la RTC	129
Figura 20. Porcentaje del valor de la producción pecuaria 2006-2015 por municipio.....	130
Figura 21. Población de los siete municipios de la RTC 1950-2015	133
Figura 22. Tasa de crecimiento poblacional anual por municipio 1950-2015.....	134
Figura 23. Porcentaje de la población por municipio 2015	135
Figura 24. Proporción de la población por sexo de 2015	136
Figura 25. Grado de marginación por localidades en Michoacán.....	137
Figura 26. Índice de marginación por municipio 1980-2010	138
Figura 27. Mapa de las estaciones climatológicas de Michoacán	142
Figura 28. Amplitud de las series climatológicas de la RTC	144
Figura 29. Selección de los escenarios de cambio climático para el análisis de LARs.....	152
Figura 30. Proceso de estandarización de datos para la obtención del SPI	162
Figura 31. Resultados de la prueba de homogeneidad realizada con RHTestV4 de los municipios de Huetamo y Turicato	181
Figura 32. Resultados de la prueba de homogeneidad realizada con RHTestV4 de los municipios de Madero y Tacámbaro	182
Figura 33. Estaciones climatológicas seleccionadas de la Región Tierra Caliente.....	183
Figura 34. Climograma de las estaciones 16051 y 16059	184

Figura 35. Climograma de las estaciones 16075 y 16123.....	184
Figura 36. Climogramas de las estaciones 16139 y 16140	185
Figura 37. Plataforma de RHtest V4	189
Figura 38. Proyecciones de temperatura para los escenarios A2 y A1B en las escalas de tiempo 2025, 2050 y 2075 para la estación 16051 de Huetamo	191
Figura 39. Proyecciones de temperatura para los escenarios A2 y A1B en las escalas de tiempo 2025, 2050 y 2075 para la estación 16059 de La Caimanera, Huetamo	191
Figura 40. Proyecciones de temperatura para los escenarios A2 y A1B en las escalas de tiempo 2025, 2050 y 2075 para la estación 16075 de Los Pinzanes, Huetamo.....	191
Figura 41. Proyecciones de temperatura para los escenarios A2 y A1B en las escalas de tiempo 2025, 2050 y 2075 para la estación 16123 de Tacámbaro.....	192
Figura 42. Proyecciones de temperatura para los escenarios A2 y A1B en las escalas de tiempo 2025, 2050 y 2075 para la estación 16123 de Madero (CONAGUA-SMN).....	192
Figura 43. Proyecciones de temperatura para los escenarios A2 y A1B en las escalas de tiempo 2025, 2050 y 2075 para la estación 16123 de Madero (CFE)	192
Figura 44. Incremento de la temperatura máxima bajo los escenarios A2 y A1B	195
Figura 45. Número de días secos consecutivos de las estaciones de Huetamo	196
Figura 46. Número de días secos consecutivos de las estaciones de Tacámbaro	197
Figura 47. Número de días secos consecutivos de las estaciones de Madero	198
Figura 48. Número de días donde la tempera máxima supera la media de las estaciones	198
Figura 49. Número de días donde la tempera máxima supera la media de la estación 16123	199
Figura 50. Número de días donde la tempera máxima supera la media de las estaciones	199
Figura 51. Resultados del SPI_3 meses para los municipios de la RTC.....	201
Figura 52. Valores SPI 1980-2015 de los municipios de Carácuaro y Nocupétaro.....	204
Figura 53. Importancia de los principales cultivos respecto a la superficie sembrada	205
Figura 54. Importancia del valor de la producción de los cultivos de temporal de la RTC	206
Figura 55. Valor de la producción en millones de pesos 2003-2015	207
Figura 56. Tasa media anual de crecimiento de la agricultura de temporal	208
Figura 57. Costos futuros del cambio climático	209
Figura 58. Pérdidas económicas acumuladas (2016-2025) a precios del año 2000.....	210
Figura 59. Rendimiento del maíz 2003-2015	211
Figura 60. Rangos de reducción de la producción de maíz bajos los escenarios A2 y A1B.....	214
Figura 61. Resultados del IVSE	217
Figura 62. Correlación de la superficie sembrada y la superficie siniestrada por municipio	219
Figura 63. Mapa de exposición de la RTC	221
Figura 64. Tipificación de la agricultura municipal en la RTC.....	222
Figura 65. Categorización del índice de vulnerabilidad agrícola de la RTC	224
Figura 66. Resultados de análisis de resiliencia de los productores agrícolas por municipio	226

Acrónimos, siglas y abreviaturas

ACP	Análisis de Componentes Principales
CC	Cambio climático
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CONABIO	Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
CONACYT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
CONAPO	Consejo Nacional de Población
COP	Conferencia de las Partes (de la CMNUCC)
DOF	Diario Oficial de la Federación
ESRI	Instituto de Investigación de Sistemas Ambientales (por su acrónimo en inglés, Environmental Systems Research Institute)
FAO	Organización de Comida y Agricultura (por su acrónimo en inglés, Food and Agriculture Organization)
FONDEN	Fondo de Desastres Naturales
ICP	Índice de Concentración de la Población en el Sector Primario,
IDH	Índice de Desarrollo Humano
IEE	Índice de Especialización Económica
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
INEGI	Instituto Nacional de Estadística, Geografía
IPCC	Panel Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático
IRI	Instituto Internacional de Investigaciones sobre el Clima y la Sociedad (IRI, es su acrónimo en inglés).
IVIEA	Impacto de la Economía en la Agricultura
IVSE	Índice de Vulnerabilidad socioeconómica
IVSO	Índice de Vulnerabilidad Social
OMS	Organización Mundial de la Salud
ONU	Organización de las Naciones Unidas
PECC	Programa Especial de Cambio Climático
PIB	Producto Interno Bruto
PNUD	Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo
RTC	Región Tierra Caliente
SAGARPA	Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación
SEDRO	Secretaría de Desarrollo Rural
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SIAP	Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera
SNMHP	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú

SPI	Índice de Precipitación Estandarizado
UICN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (por su acrónimo en inglés, International Union for Conservation of Nature)
WCI	Instituto Mundial del Carbón (por su acrónimo en inglés, World Coal Institute)
GEI	Gases de Efecto Invernadero

Glosario de términos

Adaptación al cambio climático	La adaptación al cambio climático corresponde a la gestión del riesgo de desastres ante fenómenos hidrometeorológicos en la medida en que está encaminada a la reducción de la vulnerabilidad o al mejoramiento de la resiliencia de las poblaciones humanas en respuesta a los cambios observados o esperados del clima y su variabilidad (Lampis, 2013).
Amenaza	Probabilidad de que ocurra un evento, en espacio y tiempo determinados, con suficiente intensidad como para producir daño (Magaña & Gay, 2002).
Canícula	La canícula es período de disminución de la precipitación durante los meses julio y agosto también denominada sequía intraestival; no es una sequía hidrológica, la dinámica de la canícula está más relacionada con la alberca de agua caliente frente a las costas del Pacífico mexicano que con la dinámica del Pacífico del este ecuatorial (Magaña et al., 2004).
Capacidad adaptativa	Es la propiedad de un sistema para ajustar sus características o comportamiento, de manera a expandir su rango de respuesta o tolerancia bajo la variabilidad climática existente o las condiciones climáticas futuras. La capacidad adaptativa inherente a un sistema representa el conjunto de recursos disponibles para la adaptación, así como también la capacidad de este sistema de usar esos recursos efectivamente en la búsqueda de la adaptación (Burton et al., 1993).
Clima	El clima se suele definir en sentido restringido como el estado promedio del tiempo y, más rigurosamente, como una descripción estadística del tiempo atmosférico en términos de los valores medios y de la variabilidad de las magnitudes correspondientes durante períodos que pueden abarcar desde meses hasta millares o millones de años. El período de promedio habitual es de 30 años, según la definición de la Organización Meteorológica Mundial (Houghton et al., 1997).
Desarrollo económico	El desarrollo económico es un proceso continuado cuyo mecanismo esencial consiste en la aplicación reiterada del excedente en nuevas inversiones, y que tiene como resultado, la expansión asimismo incesante de la unidad productiva de que se trate (Boisier, 2001).

El Niño Término utilizado para caracterizar una corriente marina cálida del sur a lo largo de las costas de Perú y Ecuador, que se establece al aproximarse el periodo navideño; de ahí el nombre, asociado a El Niño Jesús. El calentamiento en las aguas de la costa del Pacífico sudamericano pronto fue relacionado con el calentamiento anómalo del Pacífico central y del este, a lo largo del ecuador, extendiéndose desde la línea internacional del tiempo (180 °W) hasta la costa sudamericana, resultando en graves alteraciones en el clima global y los ecosistemas (Magaña et al., 2004).

Escenarios Descripción plausible y frecuentemente simplificada de un futuro verosímil, basada en un conjunto consistente y coherente de supuestos sobre las fuerzas que lo originan y sobre las relaciones más importantes. Los escenarios pueden estar basados en proyecciones, pero suelen basarse también en datos obtenidos de otras fuentes, acompañados en ocasiones de una descripción textual (IPCC, 2007a).

Escenarios climáticos Los escenarios climáticos se definen como una representación posible y simplificada del clima futuro, basada en un conjunto de relaciones climatológicas que ha sido construida expresamente para investigar las posibles consecuencias del cambio climático antropogénico, y que en muchas ocasiones sirve como materia prima para modelos de impacto (IPCC, 2007a).

Incertidumbre climática Se refiere a las limitaciones de nuestro conocimiento para precisar dónde, cuándo, cómo, y de qué magnitud será, las condiciones climáticas en el futuro (Magaña, 2006).

Mitigación Consiste en buscar eliminar las causas de la crisis; esto es, respecto al calentamiento global, reducir las emisiones de GEI. Para ponerla en práctica debemos modificar procedimientos, usar otras tecnologías, limpias y eficientes, así como prácticas ecológicas, sea para compensar o evitar más emisiones de carbono. Para que las estrategias de mitigación sean efectivas, deben trabajarse incluyendo además un cambio de nuestra perspectiva ética ambiental (Salazar & Masera, 2010).

Peligro El peligro se puede definir como cualquier situación que tenga el potencial de causar lesiones a la vida o daños a la propiedad y al ambiente (Bravo, 2006).

Predicción Es una estimación de la evolución real del clima en el futuro, por

climática	ejemplo a escalas de tiempo estacionales, interanuales o más prolongadas. Como la evolución futura del sistema climático puede ser muy sensible a las condiciones iniciales, estas predicciones suelen ser probabilísticas (IPCC, 2007a).
Probabilidad de excedencia	Es la probabilidad de que un evento sea igualado o excedido en cualquier año. Se puede calcular notando que es igual a la razón de un año cualquiera entre el número de años promedio que tarda en presentarse un evento igual o mayor (Morales, 2010).
Proyección	Evolución potencial de una magnitud o conjunto de magnitudes, frecuentemente calculada con ayuda de un modelo. Las proyecciones se diferencian de las predicciones en que las primeras están basadas en determinados supuestos -por ejemplo, sobre el futuro socioeconómico y tecnológico, que podrían o no cumplirse- y, por consiguiente, adolecen de un grado de incertidumbre considerable. Véase también Proyección climática; Predicción climática (IPCC, 2007a).
Proyección climática	Proyección de la respuesta del sistema climático a diversos escenarios de emisiones o de concentraciones de gases y aerosoles de efecto invernadero, o a escenarios de forzamiento radiativo, frecuentemente basada en simulaciones mediante modelos climáticos. La diferencia entre proyecciones climáticas y predicciones climáticas responde a la circunstancia de que las proyecciones climáticas dependen del escenario de emisiones/concentraciones/forzamiento radiativo utilizado, basado en supuestos relativos, por ejemplo, a un devenir socioeconómico y tecnológico que puede o no materializarse y que está sujeto, por consiguiente, a un grado de incertidumbre considerable (IPCC, 2007a).
Región	Región se deriva del vocablo latín <i>regio</i> , éste a su vez, se encuentra relacionado con la palabra <i>regere</i> que significa dirigir, guiar, trazar límites o regir, y evoca la connotación de un espacio o un territorio determinado. Asimismo, dicho concepto cuenta con tres componentes básicos: el geográfico, el político y el territorial, los cuales son sumamente importantes para las necesidades explicativas de las Ciencias Sociales (Leal, 1998).
Resiliencia	Es la capacidad de resistencia de un sistema sin la pérdida de atributos internos ante impactos externos; la capacidad de un sistema para absorber y disipar las tensiones provocadas por un

evento externo se relacionan con la magnitud del disturbio y el tiempo de duración de las alteraciones provocadas, así como con el tipo de afectación a los elementos esenciales del sistema (Constantino & Dávila, 2011).

Riesgo	Posibilidad de que en un período determinado confluyan condiciones económicas, sociales o ambientales perniciosas y bajo una amenaza específica a la que las personas y sus bienes están expuestas (Magaña & Gay, 2002).
Seguridad alimentaria	Cuando todas las personas tienen en todo momento acceso físico y económico a suficientes alimentos inocuos y nutritivos para satisfacer sus necesidades alimenticias y sus preferencias a fin de llevar una vida sana y activa (FAO, 2010).
Sequía	Es un período prolongado de precipitación deficiente, ocasionando daño extenso a las cosechas, lo cual se traduce en una pérdida económica (Contreras, 2005).
Sequía meteorológica	La sequía meteorológica es un fenómeno que se produce cuando las lluvias han sido considerablemente inferiores a los niveles normales registrados, acusando un agudo desequilibrio hídrico que perjudica los sistemas de producción de recursos (Contreras, 2005).
Sequía agrícola	Denota un déficit de humedad en el metro más externo de espesor del suelo (la zona radicular), que afecta los cultivos; la sequía meteorológica se identifica principalmente mediante un déficit prolongado de precipitación; y la sequía hidrológica se caracteriza por un caudal fluvial o por un nivel lacustre y freático inferior a los valores normales. Las megasequías son sequías prolongadas y extensas que duran mucho más de lo normal, generalmente un decenio como mínimo (IPCC, 2007a).
Sensibilidad	La sensibilidad es el grado en el que un sistema es potencialmente modificado o afectado por un disturbio, interno, externo o un grupo de ellos. La medida determina el grado en el que un sistema se puede ver afectado por un estrés, son las condiciones humanas y ambientales que pueden empeorar o disminuir los impactos por un determinado fenómeno (Monterroso et al., 2011).
Variabilidad climática	Se refiere a las variaciones en el estado de las medias u otras estadísticas (como desviaciones estándar, la ocurrencia de extremos, etc.) del clima tanto en la escala temporal como

espacial, además de los eventos climáticos individuales. La variabilidad puede resultar de los procesos naturales internos dentro del sistema climático (variabilidad interna) o de las variaciones causadas por fuerzas naturales o antropogénicas externas (variabilidad externa) (IPCC, 2001).

Resumen

La agricultura es una actividad altamente sensible a las variaciones climáticas (sequías, heladas, inundaciones, etc.) y al estado del tiempo. El presente estudio evalúa la presencia de la señal del cambio climático como amenaza regional. Se consideran diferentes dimensiones de la vulnerabilidad de la Región Tierra Caliente del Estado de Michoacán. El estudio consta de dos partes, en una se revisó la climatología histórica, tendencias de los días secos consecutivos por año, para el período de estudio, tendencias de días al año con temperaturas máximas mayor a 25°C, así como la sequía meteorológica y la estimación del período de retorno de las mismas. En este sentido se realizaron proyecciones de escenarios de cambio climático 2025, 2050 y 2075. En tanto que la segunda parte evalúa la vulnerabilidad regional de manera integral en los aspectos sociales, económicos y productivos, así como los costos relativos a los siniestros registrados de 2003-2015. Los hallazgos del trabajo demostraron lo siguiente: la existencia de la señal del cambio climático en la región, la tendencia cambiante de fenómenos hidrometeorológicos adversos a la agricultura, con tendencias de mayor frecuencia e intensidad, así como los municipios más vulnerables y los costos que han implicado los siniestros agrícolas y los costos futuros en la región, si no se toman previsiones para el desarrollo de capacidades adaptativas.

Palabras clave: Cambio climático, vulnerabilidad agrícola, variabilidad climática, riesgo, sequía.

Abstract

Agriculture is a highly sensitive activity to climatic variations (droughts, frosts, floods, etc.) and the weather. The present study evaluates the presence of the signal of climate change as a regional threat. We considered different dimensions of the vulnerability of the Tierra Caliente Region of the State of Michoacán. The study consists of two parts, in a revised historical climatology, trends of consecutive dry days per year, for the study period trends of days a year with maximum temperatures above 25 °C, as well as meteorological drought. In this way, were projected the climate change scenarios 2025, 2050 and 2075. While the second part assesses regional vulnerability in an integrated manner in social, economic and productive aspects, as well as the costs related to the registered claims of 2003-2015. The findings of the study demonstrated the following: the existence of the sign of climate change in the region, the changing trend of hydrometeorological phenomena adverse to agriculture, with more frequent and intense trends, as well as the most vulnerable municipalities and the costs they have Agricultural losses and future costs in the region, if no provision is made for the development (improvement) of adaptive capacities.

Key words: Climate change, agricultural vulnerability, climate variability, risk, drought.

Introducción

El cambio climático es un fenómeno global que representa una crisis ambiental, energética y económica de dimensiones planetarias (Salazar & Masera, 2010). El Panel Intergubernamental de expertos sobre Cambio Climático (IPCC, por su acrónimo en inglés), establece que existe suficiente evidencia científica que demuestra que el planeta se está calentando debido al aumento en las concentraciones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) de origen antropogénico. Aproximadamente el 90% de las emisiones históricas de GEI provienen de los países industrializados, mientras que las regiones más vulnerables y expuestas a impactos ecológicos y económicos negativos por causa del cambio climático serán los países en desarrollo (Masera, 2002; IPCC, 2007b; WCI, 2007; Galindo, 2010).

Las actividades humanas como la quema de combustibles fósiles, la contaminación industrial a gran escala, la deforestación y los cambios en el uso del suelo, entre otras actividades, han llevado a una acumulación de los GEI en la atmósfera. Lo anterior aunado a la reducción de la capacidad de los océanos y de la vegetación de absorber estos gases, ha reducido la absorción de carbono en la Tierra para restablecer el equilibrio del ciclo del carbono, lo que está ocasionando los cambios globales actuales en las temperaturas medias y cambios en los patrones de precipitación (WCI, 2007; UN-HABITAT, 2011).

De acuerdo con datos de la Organización de Comida y Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés), la producción mundial de alimentos depende del agua, tanto precipitación, como recursos hídricos disponibles en presas y cuerpos de agua para el riego. Las tierras de riego, representan 18% de las tierras agrícolas mundiales y producen 1,000 millones de toneladas de cereales al año, representando cerca de la mitad del suministro mundial total (FAO 2010; Beddington et al., 2011).

El agua desempeña un papel crucial en la producción regional y mundial de alimentos. Por una parte, más de un 80% de las tierras agrícolas del mundo depende de la lluvia; en esas regiones, la productividad de los cultivos depende

únicamente de una precipitación suficiente para satisfacer la demanda evaporativa y la consiguiente distribución de humedad del suelo (Bates, 2008).

La agricultura es el sector económico más directamente expuesto al clima y por tanto, susceptible de ser afectado por el cambio climático, sin embargo, hasta la fecha no existe consenso generalizado sobre la magnitud de los impactos potenciales del mismo; el desacuerdo se debe a las diferencias tanto en metodología y medición empírica (Fisher et al., 2009). El cambio climático constituye un desafío mundial para la humanidad, con implicaciones en el ámbito social, económico y ambiental, por ello, es necesario realizar estudios encaminados hacia la elaboración de estrategias de prevención y adaptación que permitan aminorar las pérdidas económicas ocasionadas por los efectos del cambio climático en las regiones donde la seguridad alimentaria de la población depende de la producción de granos y frutos (Mercado & Lorenzana, 2000; Banco-Mundial, 2009).

La productividad de los sistemas agrícolas, forestales y piscícolas depende principalmente de la distribución temporal y espacial de la precipitación y de la evaporación, así como de la disponibilidad de recursos de agua dulce para el riego, especialmente de cultivos. Los sistemas de producción de áreas marginales en términos hídricos estarían abocados a una mayor variabilidad climática y a un mayor riesgo en caso de cambio climático, debido a factores como, por ejemplo, la degradación de los recursos terrestres por erosión del suelo, la sobreexplotación de las aguas subterráneas y la consiguiente salinización, o el pastoreo excesivo en tierras secas (Bates, 2008).

En esas áreas marginales, la agricultura en pequeña escala es especialmente vulnerable al cambio y variabilidad del clima, y los factores de estrés socioeconómicos suelen agravar unas condiciones medioambientales ya de por sí difíciles. En los bosques, los incendios y la proliferación de insectos vinculados a la frecuencia de episodios extremos acentúan la vulnerabilidad del clima. En las pesquerías, la contaminación del agua y los cambios en los recursos hídricos acentúan también la vulnerabilidad y el riesgo (Bates, op. cit.).

De acuerdo con datos del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) del año 2012, en México, la seguridad alimentaria puede verse amenazada por los impactos del cambio climático, ya sea por la disminución directa en la producción de alimentos o por un incremento en sus precios, además de que la dependencia de importaciones y las posibles afectaciones en la productividad de los sectores agrícola y ganadero pueden incrementarse, por lo que es necesario generar nuevos instrumentos de política pública, así como adecuar los instrumentos existentes, desde una perspectiva que considere escenarios tanto climáticos como socioeconómicos de una manera integral (INECC, 2012; Monterroso & Gómez, 2015).

Diversos estudios sobre la vulnerabilidad de la agricultura ante los efectos del cambio climático parten necesariamente de considerar que este sector es altamente vulnerable en los países en desarrollo, ya que se encuentra doblemente expuesta: es vulnerable a los fuertes cambios socioeconómicos que se dan dentro del proceso de globalización económica, y además, es altamente sensible a las variaciones climáticas (Magaña & Gay, 2002; O'Brien & Leichenko, 2010).

México, en el contexto internacional se presenta como un país altamente vulnerable a los efectos del cambio climático, las proyecciones de temperatura y precipitación ubican al país en una situación preocupante. Más aún, la región de la Tierra Caliente entre Guerrero y Michoacán se encuentra en la franja con mayores variaciones a la alza en la temperatura promedio 2 °C para el 2040 y mayores reducciones de precipitación pluvial (10%) para el mismo horizonte de tiempo. Siendo así, es importante validar esta información a escala regional con los instrumentos y datos disponibles. El presente estudio evalúa la vulnerabilidad socioeconómica y agrícola de la Región Tierra Caliente del Estado de Michoacán ante los efectos del cambio climático, a través de la aplicación de índices sociales, económicos y climáticos bajo escenarios de cambio climático en tres horizontes temporales (2025, 2050 y 2075).

El documento se integra de cinco partes; en la primera, se presentan los fundamentos de la investigación, se contextualiza el fenómeno del cambio

climático, las evidencias físicas; su relación con la vulnerabilidad, el riesgo y sus amenazas a la agricultura, la sequías y sus implicaciones y los factores que hacen vulnerable a la Región Tierra Caliente, posteriormente se expone el planteamiento del problema, objetivos, la hipótesis, y las variables. El Capítulo I presenta el marco teórico de la investigación donde se abordan los principales conceptos en los cuales se sustentan la misma. El Capítulo II caracteriza la Región Tierra Caliente y destaca la importancia económica de la agricultura en la Región . El Capítulo III aborda los métodos empleados para la detección de la señal de cambio climático regional, los costos de los siniestros agrícolas y la obtención de la vulnerabilidad socioeconómica y agrícola ante el cambio climático. El Capítulo IV presenta los resultados obtenidos. Posteriormente se presentan las conclusiones de la investigación, así como las medidas de adaptación con algunas recomendaciones generales de política pública y las líneas futuras de investigación.

LOS FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

El presente apartado plantea los elementos que fundamentan la investigación, se exponen las evidencias físicas del cambio climático y sus implicaciones, la importancia de la agricultura en la economía, la vulnerabilidad, el riesgo, las amenazas, las sequías y sus implicaciones en México y en la Región Tierra Caliente y los factores que hace vulnerable a la Región. En el planteamiento del problema se expone brevemente la relación entre el cambio climático en la producción agrícola de México, Michoacán y la Región Tierra Caliente. El presente apartado finaliza con los objetivos, la hipótesis y las variables.

1.1 Evidencias físicas del cambio climático global

Desde la Revolución Industrial, la quema indiscriminada de combustibles fósiles ha cambiado la composición de la atmósfera. En particular, se ha incrementado la concentración de CO₂, la cual estuvo variando en un rango aproximado de 200 a 300 partes por millón en volumen (ppmv) durante los últimos 600 mil años, pero ahora está cercana a 400 ppmv (Gay et al., 2010). Existe 90% de confianza de que el calentamiento global del siglo XX se debe al aumento de las concentraciones de GEI derivados de las actividades humanas; sin embargo, existen mecanismos de interacción océano-atmósfera que no fueron considerados en el AR4, los cuales podrían ocasionar un calentamiento aún mayor en el corto y mediano plazo (Meehl et al., 2007).

La principal evidencia es el aumento de la temperatura promedio de la atmósfera terrestre, no obstante, de acuerdo con diversos autores, existen evidencias relacionadas con el aumento del nivel del mar, el derretimiento de las capas de hielo en las zonas del ártico, la frecuencia e intensidad de los fenómenos hidrometeorológicos y algunos cambios en los ecosistemas y en sus comunidades animales y vegetales, tales como la migración, cambios en el comportamiento o modificaciones genéticas, que normalmente son procesos que requieren cientos o miles de años para llevarse a cabo (Villers & Trejo, 2004).

De acuerdo con el IPCC (2014) en la actualidad es indiscutible el calentamiento del sistema climático, existen evidencias a escala continental que muestran un incremento en las temperaturas medias del aire y del océano, derretimiento generalizado del hielo y de la nieve, y elevación del nivel medio del mar en el mundo; se calculan numerosos cambios climáticos a largo plazo a escala regional y de la cuenca oceánica, estos incluyen modificaciones en la temperatura, en el hielo ártico, en la precipitación, salinidad de los océanos, en los vientos y en condiciones climáticas extremas como sequías, fuertes lluvias, olas de calor y en la intensidad de los ciclones tropicales con impactos en los recursos hídricos, la agricultura, los bosques y los ecosistemas naturales (IPCC, 2007b; 2014; Meira, 2009; SEMARNAT-INECC, 2012).

Actualmente son numerosas las evidencias de los impactos del cambio climático que señalan que las actividades del hombre son las que han propiciado dichos impactos, y que están afectando a los sistemas naturales y humanos. A continuación se describen algunos de los impactos del cambio climático referidos por Watson y colaboradores (1997), el IPCC (2001); (2007); (2013), Magaña (2004) y Salazar y Masera (2010).

La figura 1 muestra las evidencias físicas del cambio climático; a) disminución de la cubierta de nieve primaveral de Hemisferio Norte; b) disminución de la extensión de hielo ártico en verano; c) cambio en el contenido promedio de calor en la superficie de océano y; d) cambio global promedio del nivel del mar (IPCC, 2013).

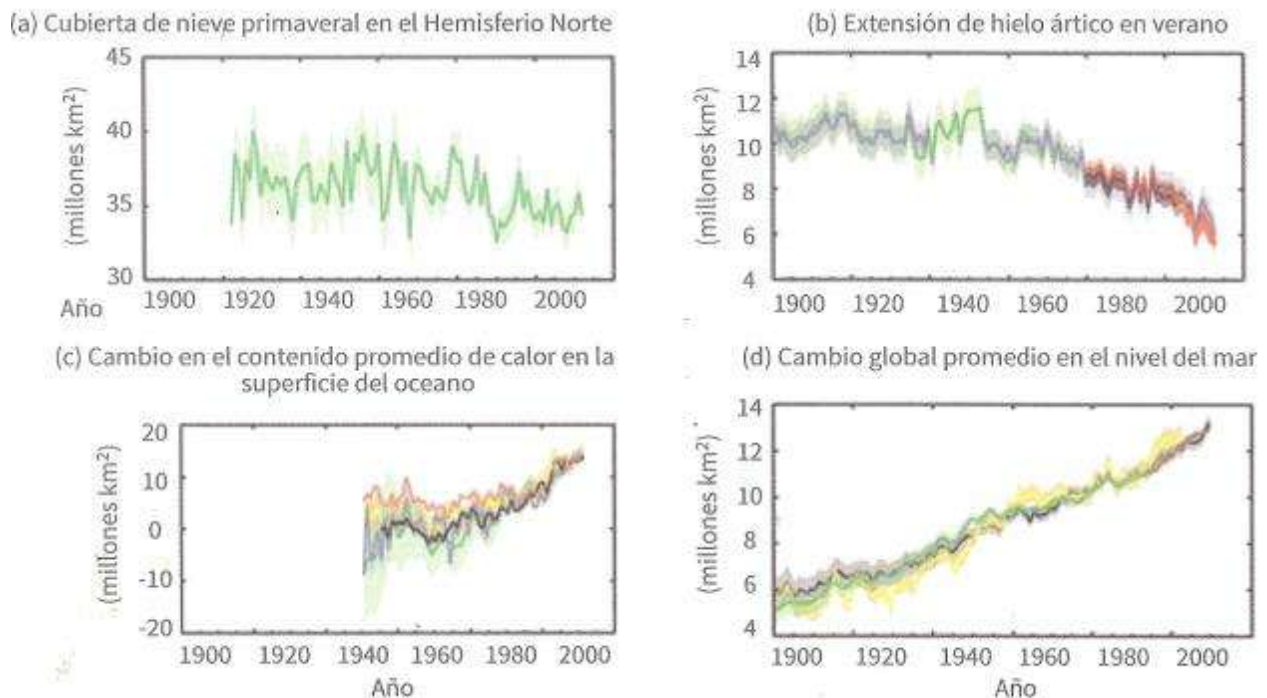


Figura 1. Evidencias del cambio climático global
Fuente: IPCC (2013).

Los factores de riesgo y las enfermedades sensibles al clima figuran hoy entre las más importantes causas de la carga mundial de morbilidad y mortalidad. En 2005 se atribuyeron 150 mil muertes a los efectos del cambio climático; así como 5 millones de casos de enfermedades (OMS, 2008). La ola de calor que

sufrió Europa en 2003 cobró la vida de 44 mil personas y en 2002 el cambio climático fue responsable de aproximadamente el 2,4% de los casos de diarrea en todo el mundo y del 6% de los casos de paludismo en algunos países de ingresos medios. También es responsable de la pérdida de 5,5 millones de años de vida ajustados por discapacidad en el año 2000, según los primeros cálculos de carga de enfermedad realizados de manera conservadora (Costello et al., 2009). Esas afecciones y otros resultados sanitarios se verán cada vez más afectados por la aceleración del cambio climático debido a sus efectos adversos en la producción de alimentos, la disponibilidad de agua y la dinámica de las poblaciones de vectores y agentes patógenos.

1.1.1 Incremento de la temperatura promedio global y radiación solar

El cambio climático observado actualmente se debe al incremento en la concentración de los GEI ocasionado por las actividades humanas; la concentración de CO₂ se ha incrementado en 40% en comparación con la época preindustrial, principalmente por las emisiones de los combustibles fósiles y por las emisiones derivadas del cambio de uso de suelo. En 2011 la concentración de CH₄ en la atmósfera excedió la concentración preindustrial en 150% mientras que la de N₂O la excedió en 20% (IPCC, 2013).

Este incremento ha ocasionado que se retenga más radiación, con un consecuente incremento en la temperatura, sin embargo, el incremento en la temperatura es sólo una de las manifestaciones del cambio climático global, quizá la más evidente, pero no la única; entre los indicadores más relevantes del cambio climático a nivel global, el IPCC (2013) en su quinto informe (AR5) ha reportado lo siguiente: el incremento de la temperatura global, comparando los periodos de 1980-1900 y 2003-2012, es de 0.78°C. De acuerdo con Lean (2004) y Nahle (2007) la radiación solar guarda una estrecha relación con el incremento de la temperatura global.

La figura 2 muestra las temperaturas medias anuales desde el año 1890 hasta el año 2007, así como la radiación solar de acuerdo con la estimación de Lean (2004). También se aprecia la variación de los ciclos solares, cuya duración

es de once años en promedio, en trazo más grueso las medias acumuladas de 11 años, donde se observa que la radiación solar promedio ha variado entre 1364,5 y 1366,1 vatios/m², es decir, 1,6 vatios/m², aumentando desde los años 1890 hasta 1959–1960 y posteriormente se ha mantenido relativamente constante alrededor de los 1366 vatios/m² (Lean, 2004).

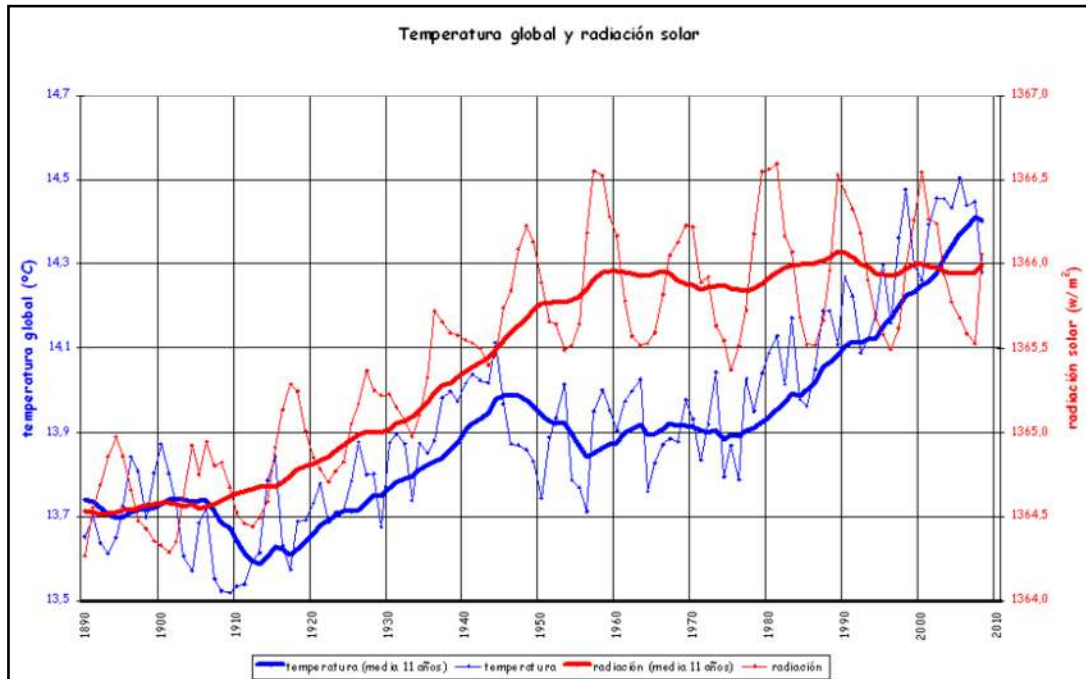


Figura 2. Temperatura global y radiación solar 1890-2010
Fuente: Lean (2004)

1.1.2 Deshielos

Los deshielos de los polos, es otro de los elementos de los cuales se tienen registros. Durante las últimas décadas, los glaciares¹ en todo el mundo han retrocedido, algunos hasta el punto de desaparecer, debido al incremento global de las temperaturas. En México, se estima que el Iztaccíhuatl, un glaciar de montaña, ha reducido su extensión en 40 % en un periodo de 20 años (INE-SEMARNAT, 2009). La velocidad promedio de pérdida de glaciares a nivel mundial se estima en 275,000 millones de toneladas anuales en el periodo de 1993-2009; la velocidad media del aumento del nivel del mar se estima en 1.7 mm

¹ Los glaciares son extensas masas de hielo que cubren las cimas de algunas montañas, por ejemplo en Groenlandia y Antártida, que se han formado por la acumulación gradual de nieve a través de cientos de miles de años (SEMARNAT, 2009).

por año en el periodo de 1901-2010, 2.0 mm entre 1971-2010 y 3.2 mm entre 1993 y 2010. Esto se explica en gran parte por la pérdida de los glaciares y la expansión térmica del océano. El pH de la superficie del océano ha disminuido en 0.1 desde el comienzo de la era industrial (IPCC 2013). La pérdida de los glaciares trae como consecuencia, la pérdida de depósitos de agua dulce para la población y un incremento del nivel del mar, entre otros factores (Vázquez, 2004).

1.1.2 Incremento de la temperatura y el nivel del mar

Considerando los primeros 75 metros de profundidad del mar, la temperatura se ha incrementado en 0.11°C por década en el periodo 1971-2010; el derretimiento de los glaciares traerá un consecuente incremento en el nivel del mar. Aunado al incremento en el volumen de agua contenido, también se suma un incremento debido al aumento en la temperatura del agua que genera una expansión. Existen evidencias de que el nivel global del mar ha aumentado entre 10 y 20 cm durante los últimos 100 años (Vázquez, op. cit.).

Los cambios observados en los climas regionales han afectado a muchos sistemas biológicos y físicos, y existen indicios preliminares que sugieren que los sistemas sociales y económicos también se han visto afectados. Los recientes cambios regionales en el clima, sobre todo el aumento de temperatura, han afectado ya a los sistemas hidrológicos, así como a los ecosistemas terrestres y marinos en muchas partes del mundo (IPCC, 2001).

La figura 3 muestra en rojo la superficie inundable por arriba de los 6 metros para partes del sureste de los Estados Unidos, México y el Caribe. En el estado de Quintana Roo las bahías de Sian Ka'an y Chetumal son consideradas como las zonas más vulnerables. En Tabasco, la zona deltaica de los ríos Grijalva, Mazcapala y Usumacinta es de alta vulnerabilidad ante el aumento en el nivel del mar, pues ahí han ocurrido fuertes y drásticas modificaciones, como el cambio acelerado de la línea de costa por erosión e inundación de las tierras bajas; alteración del uso de suelo; ampliación de la actividad ganadera con reemplazo de zonas de pantanos y marismas por pastizales (Rowley et al., 2007).



Figura 3. Zonas inundables en México

Fuente: Rowley et al., (2007).

Este aumento podrá afectar al uso del suelo y a la infraestructura de estas zonas y también a los arrecifes coralinos mexicanos. Además, el crecimiento poblacional y los nuevos desarrollos urbanos y turísticos en zonas costeras destinados a poblaciones de poder adquisitivo alto podrían hacer mayor el daño social y económico ante el aumento en el nivel del mar y los impactos más intensos de eventos hidrometeorológicos.

En Tamaulipas y Veracruz los gradientes de la línea de las costas serán más pronunciados debido a la presencia de barreras arenosas y de dunas que modifican el avance y penetración de la cuña salina. La elevación del nivel del mar afectará a la Laguna de Alvarado, en Veracruz, y a Los Petenes, en Yucatán (INE-SEMARNAT, 2006).

1.1.3 Intensidad en los eventos climáticos extremos

En un contexto de cambio climático serán más frecuente la ocurrencia de fenómenos climáticos de gran intensidad, los cuales tienen efectos adversos, ya sea de escala regional o local. Algunos de estos fenómenos son los huracanes, los tornados, las sequías, heladas, granizadas, etc., ya que aguas más calientes

en los océanos añaden más energía a las tormentas tropicales, haciéndolas más intensas, es por ello que cada año se presentan huracanes más intensos y en mayor número. Asimismo el incremento de la temperatura de la superficie de la tierra incrementa la energía del sistema climático y producen lluvias más intensas en algunas áreas (IPCC, 1995). En este sentido, Houghton y colaboradores (2001), señalan que, es posible que al añadir más energía térmica al sistema, la frecuencia e intensidad de los eventos extremos se incrementen, lo cual es potencialmente probable en sistemas con una atmósfera más cálida.

En el año 2007, en México ocurrieron fuertes lluvias, las más graves registradas en los últimos 50 años, que dejaron, tan sólo en Tabasco, un total de 500 mil damnificados y 100% de pérdidas en los cultivos. El Fondo de Desastres Naturales (FONDEN) en los últimos dos años ha tenido que triplicar sus gastos para atender los impactos de desastres naturales imprevisibles (INE-SEMARNAT, 2009).

En Michoacán, han ocurrido eventos climáticos extremos que han demostrado que el Estado es potencialmente vulnerable a la variabilidad climática, como se evidenció en el año 2010 en las comunidades de Áporo, Tuxpan, Angangueo, Ocampo, Tuzantla, Tiquicheo, Zitácuaro e Hidalgo; mismas que sufrieron el golpe de un fenómeno atípico que provocó graves pérdidas humanas y materiales, mientras que las sequías son otro fenómeno que también ha estado presente en los últimos años en México y Michoacán.

1.2 La importancia de la agricultura en la economía

La agricultura en México es una actividad primordial, y en especial en estados como Michoacán, su importancia económica y social se encuentra en el peso que tiene dentro del PIB nacional y estatal, así como por el número de empleos y población dependiente de esta actividad primaria. Con la finalidad de conocer los impactos del cambio climático en la agricultura en México, Galindo (2010), realizó un estudio utilizando dos modelos, el primero basado en el enfoque de la función de producción, y otro basado en el enfoque Ricardiano; los modelos concuerdan en la existencia de impactos en la agricultura ante el cambio climático

aunque difieren sobre su magnitud; las principales conclusiones de Galindo (2010) sobre la agricultura son:

- › El aumento del CO₂ tiene un impacto positivo significativo sobre la producción y el rendimiento del sector agropecuario al menos dentro de ciertos rangos
- › El aumento de la temperatura tendrá un impacto inicial positivo en la producción y en los rendimientos, sin embargo, pasando ciertos límites de temperatura los impactos se harán negativos
- › Los cambios en los patrones de precipitación tienen un impacto importante en la producción y los rendimientos agropecuarios que pueden representarse como una función no lineal similar a la temperatura
- › En la mayoría de los resultados empíricos se observa que los cambios en la temperatura son más importantes que aquellos asociados a la lluvia y que los impactos específicos son fuertemente dependientes de los agroclimas, del tipo de suelo y de la sensibilidad al CO₂ lo que incluye un nivel de incertidumbre adicional a las proyecciones.

En síntesis, se prevén efectos diferenciados y divergentes, en relación a los patrones esperados de temperatura y lluvias, los cuáles, en ciertos rangos pueden incrementar el rendimiento de los cultivos de temporal, sin embargo la incertidumbre y el riesgo de salirse de esos rangos en los patrones, traería consigo reducción importante de los rendimientos agrícolas.

En el caso de Michoacán, la agricultura es de fundamental importancia, debido a que el 21% de la población se emplea directamente en el sector primario, se trata de un Estado con vocación productiva predominantemente agrícola y forestal (Ortiz, 2010); el aporte al PIB del sector primario en México representa 10% del total nacional, cuarto estado en importancia por el valor y el primero en cuanto a su producción agrícola (SAGARPA-SIAP, 2015).

Los principales productos agrícolas en las que destaca Michoacán son: aguacate con el 78% del total nacional, ocupando el primer lugar nacional, con una producción en el 2015 de 1,644,226 toneladas; zarzamora, primer lugar

nacional con una producción de 116,166 toneladas; ajonjolí, tercer lugar con una producción de 5,672 toneladas y el cuarto de lugar en la producción de el maíz en grano 1,721,658 toneladas (SAGARPA-SIAP, 2015). La importancia económica y social de la agricultura en Michoacán se encuentra en el peso que tiene dentro del PIB nacional y estatal, así como por el número de empleos y población dependiente de esta actividad primaria.

Entonces, debido a la importancia que reviste el sector agrícola en Michoacán, los efectos del cambio climático pueden ser catastróficos por la dependencia de la agricultura ante las variaciones en el clima. Considerando al cambio climático como una amenaza para el sector agrícola, es importante conocer el grado de vulnerabilidad agrícola regional para fortalecer las capacidades local-regionales, para enfrentar los efectos de este fenómeno. De ahí la importancia de realizar estudios que aproximen al conocimiento de la vulnerabilidad regional.

1.3 Cambio climático: vulnerabilidad, riesgo y amenazas en la agricultura

El cambio climático es un fenómeno inequívoco el aumento de temperatura ha sido de 1°C respecto a las temperaturas registradas desde 1850. Se sugiere que a finales del siglo XXI el incremento más probable en la temperatura media oscilará entre 2°C y 5°C. A la vez que el nivel del mar podría registrar un aumento de 28 a 43 centímetros y posiblemente se observarán cambios importantes en los patrones de precipitación y en los eventos climáticos extremos. Es el caso de las sequías más largas e intensas desde 1970 particularmente en los trópicos y subtrópicos (Gay et al., 2010).

Galindo (2010), señala que el cambio climático podría ocasionar costos entre 5% y 20% del PIB mundial. Por lo que se trata de un reto emergente que al igual que la seguridad alimentaria, la desnutrición, la creciente competencia por la energía y el agua, la degradación de la tierra y de la biodiversidad requieren para su estudio un enfoque integrado (Feenstra et al., 1998).

El IPCC (2014), enfatiza que los impactos del cambio climático incluyen la alteración de ecosistemas y producción de alimentos, daños en la infraestructura

de asentamientos humanos, consecuencias en la salud mental y la calidad de vida.

La agricultura es uno de los sectores que más resentirán los efectos del cambio climático por su dependencia con las condiciones climáticas. Entre las consecuencias destacan: 1) modificación en los cultivos (debido a un incremento atmosférico en la concentración de CO²); 2) mayor probabilidad de incremento en la población de plagas, y 3) ajustes en la demanda y oferta de agua para irrigación (Adams et al., 1988). Para los productores agrícolas de temporal, con un alto grado de vulnerabilidad y exposición a los efectos del cambio climático, puede tener efectos desastrosos, tanto en el patrimonio como en la diversificación productiva. En tanto se espera una reducción en la productividad de cultivos importantes y en consecuencia también en la productividad pecuaria, lo cual en su conjunto tendría efectos adversos para la seguridad alimentaria (Parry et al., 2008).

El riesgo entendido como el potencial de pérdidas que pueden ocurrirle al sector agropecuario resultado de la combinación entre la amenaza y la vulnerabilidad, virtualmente, se puede expresar matemáticamente como la probabilidad de exceder un nivel de consecuencias económicas, sociales o ambientales en un cierto sitio y durante un cierto período de tiempo (Cardona, 1993), aunque si se analiza desde la comprensión de que el funcionamiento de los ecosistemas no responde de manera lineal en la realidad, queda rebasado pensar que se puede calcular el riesgo a través de una expresión matemática.

Para la agricultura, la amenaza se puede entender como el aumento en la intensidad y la frecuencia de los fenómenos hidrometeorológicos (sequías, inundaciones, heladas, huracanes, tornados, etc.), atribuidos al cambio climático. En tanto que la vulnerabilidad se puede entender como las condiciones en las cuáles se practica la actividad agrícola (superficie sembrada asegurada, disponibilidad de riego, empleo de tecnologías, rendimiento agrícola, etc.)

1.3.1 La vulnerabilidad y el cambio climático

Para el IPCC (2007), la vulnerabilidad está definida como el grado de susceptibilidad o de incapacidad de un sistema para afrontar los efectos adversos

del cambio climático y, en particular, la variabilidad del clima y los fenómenos extremos. Entonces, la vulnerabilidad dependerá del carácter, magnitud y rapidez del cambio climático a que esté expuesto un sistema, y de su sensibilidad y capacidad de adaptación, es decir, la vulnerabilidad es la propensión o predisposición a verse afectado negativamente ante la presencia de fenómenos meteorológicos o climáticos.

Para Blaikie y colaboradores (1996), la vulnerabilidad se define como las condiciones inseguras en que vive una población; Gómez (2001) la define como un concepto multidimensional que incluye exposición, (el grado al cual un grupo humano o ecosistema entra en contacto con un riesgo particular); sensibilidad (el grado al cual una unidad de exposición es afectada por la exposición) y resiliencia (capacidad para resistir o recuperarse del daño asociado con la convergencia de presiones múltiples).

México, como muchos países en desarrollo, es potencialmente muy vulnerable sufrir pérdidas económicas por los efectos del cambio climático global. Debido a que se localiza en una región que es muy susceptible a variaciones significativas en los patrones climáticos y temperaturas, y la falta de recursos económicos obstaculiza el financiamiento de políticas efectivas de adaptación al cambio climático donde la evaluación de la vulnerabilidad y la implementación de medidas de adaptación deben realizarse a nivel local respondiendo a condiciones particulares (Ángeles & Gámez, 2010).

La vulnerabilidad de manera general corresponde a la susceptibilidad que tiene un elemento de ser afectado o de sufrir una pérdida. En consecuencia, la diferencia de vulnerabilidad de los elementos determina el carácter selectivo de la severidad de los efectos de un evento externo sobre los mismos. La vulnerabilidad, puede clasificarse como de carácter técnico (elementos físicos y funcionales) y de carácter social (aspectos económicos, educativos, culturales, ideológicos, etc.).

Un análisis de vulnerabilidad es un proceso mediante el cual se determina el nivel de exposición y la predisposición a la pérdida de elemento(s) ante una

amenaza específica (Cardona, 1993). En particular para el cambio climático los factores que configuran la vulnerabilidad se asocian a una amenaza derivada de los cambios o variaciones en el clima, que están determinados por el grado de exposición ante una amenaza y la sensibilidad inherente de los sistemas naturales y humanos. Los efectos de dicha amenaza dependerán de la capacidad adaptativa de dichos sistemas, como son: recursos financieros, tecnológicos y capacidad de organización y planificación (Gutiérrez & Espinosa, 2010).

En materia de cambio climático, la vulnerabilidad es considerada como la capacidad para tolerar los efectos adversos de la variabilidad climática o eventos extremos. Con el propósito de identificar y medir la vulnerabilidad se consideran tanto factores climáticos como no climáticos para su evaluación. Dentro de los no climáticos se incluyen parámetros ecológicos, económicos, sociales, demográficos, tecnológicos y políticos. (Grayeb et al., 2009). La vulnerabilidad se puede concebir a distintas escalas y actores, según el objeto de estudio, puede ser nacional, regional o local, a la vez que como productores, consumidores ó comunidades.

1.3.2 La vulnerabilidad en Michoacán

La principal causa de la modificación y la destrucción de hábitats en la entidad ha sido la pérdida de cobertura vegetal derivada del cambio de uso del suelo. En las últimas décadas, Michoacán presentó tasas de deforestación elevadas, en comparación con el resto de las entidades del país; entre 1976 y 2000, mas de 200,000 hectáreas de bosque y 30,000 de selva fueron desmontadas. En las últimas tres décadas, Michoacán ha sufrido un cambio en el uso del suelo de 1,579,282 hectáreas, lo cual corresponde a casi el 30% del territorio estatal. En particular, este cambio se ha dado como resultado de la expansión de la agricultura y los pastizales a costa de la perdida de bosques y selvas (CONABIO, SUMA & SEDAGRO, 2007).

El interés por el tema de la agricultura surge de la existencia de un consenso sobre el impacto que tendrá el cambio climático en la superficie neta apta para el cultivo de los diferentes productos, así como la reducción de

rendimientos, la emergencia de plagas y la incertidumbre asociada a dichos factores, así como a los cambios en los mercados regionales y mundiales (Herrera et al., 2010).

Los registros de la producción agrícola de México de los últimos 34 años muestran que la siniestralidad de la agricultura de temporal es mayor 4.5 veces en relación a la agricultura de riego, misma que presenta una siniestralidad promedio del 3.6%, mientras que la agricultura de temporal reporta un valor promedio de 14.9%. Esta diferencia se debe principalmente a la mayor vulnerabilidad hacia la variabilidad climática de la agricultura de temporal asociada a la precipitación, temperatura, presencia de ciclones y al menor nivel tecnológico usado con respecto a la agricultura de riego (Ojeda, 2013).

En México, la superficie dedicada a la agricultura es de aproximadamente 21 millones de hectáreas (10.5% del territorio nacional). De esta superficie, 6.5 millones de hectáreas son cultivos con sistemas de riego y 14.5 millones de hectáreas son de temporal. Lo que significa que tres cuartas partes de la agricultura dependen del estado del tiempo. La mayoría de las especies agrícolas de temporal, han sido probadas empíricamente y seleccionadas por su resistencia a los factores climáticos de su entorno, (sequías, heladas, excesos humedad, ataque de plagas y enfermedades). Pero siempre, partiendo de un pronóstico climático aprendido a través de la historia sobre la regularidad de los ciclos naturales (Villa et al., 2008).

La ubicación geográfica de México, sus condiciones climáticas, orográficas e hidrológicas contribuyen a que el país esté expuesto a eventos hidrometeorológicos extremos con efectos graves principalmente en las zonas costeras, áreas inundables y laderas de montaña (PECC, 2012). México es un país altamente expuesto a los efectos del cambio climático, lo cual, sumado a las diferentes condiciones culturales, sociales, económicas, el grado de desarrollo de su economía y tamaño de población generan condiciones de vulnerabilidad de las zonas áridas y semiáridas, y las de agricultura de temporal, además de las zonas costeras y bajas del país (INE-SEMARNAT, 2009; Salazar & Masera, 2010).

El Programa Especial de Cambio Climático (PECC) 2009-2012, identificó siete áreas de interés, las cuales fueron catalogadas como susceptibles de sufrir impactos adversos del cambio climático: recursos hídricos; agro-ecosistemas; ecosistemas naturales; infraestructura de energía, industria y servicios; infraestructura de transporte y comunicaciones; ordenamiento territorial y desarrollo urbano; y salud pública (DOF, 2009).

En el mismo sentido, estudios sobre la vulnerabilidad apuntan a que en México la vulnerabilidad es extremadamente severa en 3.6% del territorio, muy severa en 33%, severa en 24% y no severa en 6.3%, en cuanto a déficit de precipitación y de la disponibilidad del agua. Los sectores más vulnerables al cambio climático son agua, agricultura y bosques (INE-SEMARNAT, 2009).

La agricultura de temporal depende esencialmente de factores climáticos como la radiación solar, la precipitación y la temperatura; un incremento en la temperatura ambiental podría intensificar el desarrollo del cultivo del maíz, debido a una mayor tasa de acumulación de calor. Lo anterior favorecería la reducción del ciclo fenológico aunque con un potencial decremento en la producción al contar con menos tiempo disponible para absorción de nutrientes, para la intercepción de energía solar y para las actividades metabólicas (Villa et al., 2008).

Dicha situación podría presentarse para el cultivo de maíz en tres regiones definidas en el estudio como Centro, Chiapas y Jalisco, con afectación potencial en las fases críticas del cultivo, como la floración, la formación o el llenado del grano, en caso de que los incrementos de temperatura coincidan con alguna de éstas. En el Distrito de Riego de Río Fuerte, Sinaloa se estima una reducción promedio en la duración del ciclo fenológico del maíz de otoño-invierno, del 4%, 7% y 13%, para los años 2020, 2050 y 2080, con respecto a las condiciones actuales (Ojeda et al., 2006).

Durante las dos últimas décadas, alrededor del 80% de las pérdidas económicas totales correspondientes a desastres relacionados con el clima, ocurrieron en el sector agrícola (INE-SEMARNAT, 2009). En la Cuarta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre

el Cambio Climático, se estima que en México algunos de los efectos directos del cambio climático en la agricultura podrían presentarse de manera diferenciada en algunas regiones, de acuerdo con sus condiciones particulares.

1.4 La sequía y el cambio climático

Las sequías, las olas de calor, las inundaciones y los ciclones son fenómenos climatológicos que siempre han existido, e históricamente han puesto de manifiesto una importante vulnerabilidad y exposición de muchos sistemas humanos y a los ecosistemas ambientales, en la actual la evidencia muestra que el cambio climático ha agudizado los efectos y acelerado la frecuencia de los mismos. Entre los impactos de los fenómenos climáticos antes mencionados, figuran la alteración de ecosistemas, la desorganización de la producción de alimentos y el suministro de agua, daños a la infraestructura y los asentamientos, morbilidad y mortalidad, y consecuencias para la salud mental y el bienestar humano (IPCC, 2014).

La sequía, es un fenómeno hidrometeorológico que históricamente ha provocado severos impactos negativos en los diversos sectores productivos y económicos de una región o país, alterando significativamente el desarrollo social y las actividades humanas, así como el ambiente. Las sequías son de los eventos climatológicos más costosos socialmente para el país, por lo que significan la pérdida de producción de granos de subsistencia (Ibarrarán & Rodríguez, 2007)

La intensidad de las sequías varía entre las regiones dependiendo de las características fisiográficas de cada sitio, su distanciamiento al océano, los patrones circulatorios dominantes, etc.; los impactos de las sequías, están influenciados comúnmente por patrones circulatorios de gran magnitud, como son el fenómeno de El Niño Oscilación del Sur (ENSO, siglas en inglés), el Monzón de Norteamérica o Monzón Mexicano (NAMS, siglas en inglés), Oscilación Decadal del Pacífico (PDO, siglas en inglés), frentes fríos y tormentas tropicales, entre otros (Villanueva et al., 2010).

En México, la variabilidad climática en escalas estacionales e interanuales como el caso del El Niño o La Niña, tiene grandes impactos en los patrones de

variabilidad de la precipitación. De manera general, las lluvias de invierno en años El Niño se intensifican (por ejemplo los inviernos de 1982-1983, 1986-1987, 1991-1992, y 1997-1998) y se debilitan durante los correspondientes veranos. Lo opuesto ocurre aproximadamente durante años de La Niña. En inviernos, El Niño, la corriente de chorro de latitudes medias se desplaza hacia el sur, provocando una mayor incidencia de frentes fríos y lluvias en las zonas norte y centro de México, mientras que durante los veranos de El Niño, las lluvias disminuyen en la mayor parte de México, apareciendo condiciones de sequía, mientras que en años de La Niña las lluvias están por encima del promedio en la mayor parte del país (Magaña & Gay, 2002).

En México, los impactos de las sequías se han manifestado desde la antigüedad hasta nuestros días, y han afectado a los distintos sectores socioeconómicos, pero sobre todo al sector agropecuario y a la población rural que vive de lo que producen la agricultura de temporal. Asimismo, los efectos de las sequías han tenido importantes implicaciones sociales; han sido la causa de desempleo, migraciones y hambrunas, han influido, en su conjunción con otros problemas de índole político y social, dando lugar al desencadenamiento de conflictos civiles armados como el movimiento insurgente de 1810 y la Revolución de 1910 (Ortega & Velasco, 2013).

1.4.1 Las sequías históricas de México

Cuando se trata de analizar las sequías en México, existen trabajos que son punto de referencia, donde se citan las manifestaciones y consecuencias que han tenido las sequías en diferentes épocas; las características principales del fenómeno relativas a su extensión, duración, magnitud y frecuencia desde las sequías en el México antiguo, las sequías en la colonia (1521-1821), las sequías en el siglo IXX y las sequías en el período 1910-1977 (Florescano et al., 1980).

De 1910 a 1977 se registraron 38 años secos. En este lapso los periodos secos consecutivos que duraron por varios años: de 1917 a 1928, 1932 a 1935, 1937 a 1939, 1949 a 1951, 1969 a 1972, y de 1975 a 1977. Los años con sequías más intensas son: 1935, 1953, 1957, 1960, 1962, y 1977. Los Estados de la

República Mexicana más afectados fueron: Coahuila con 22 sequías reportadas, Nuevo León con 18 sequías, Chihuahua con 13 sequías registradas, y los estados de Sonora y Tamaulipas con 12 años cada uno, donde se registraron grandes pérdidas materiales y económicas (Florescano, op. cit.).

En la década de los 80s. el fenómeno de las sequías generaron afectaciones en todos los estados de la República; Coahuila fue el estado donde la sequía se presentó con mayor duración, con un lapso de 10 años. Por otra parte, en la década de los 90s, los estados del norte del país han sufrido de manera importante por los impactos de la sequía. Los problemas reportados en estos estados fueron muy diversos: desde la caída en la producción agrícola, insuficiencia en el abasto del agua potable a poblaciones, la pérdida de ganado por la falta de agua y alimento, y la alta migración de los productores hacia ciudades dentro del mismo país, o incluso hacia los Estados Unidos, y desajustes socioeconómicos en la sociedad (Sancho & Cervera, 1980).

1.5 Las sequías y sus implicaciones

En el caso de México, los impactos de las sequías se han manifestado desde la antigüedad hasta nuestros días, y han afectado a los distintos sectores socioeconómicos, pero sobre todo al sector agropecuario y a la población rural que vive de lo que producen las tierras de temporal. Asimismo, los efectos de las sequías han tenido importantes implicaciones sociales (Ortega & Velasco, 2013).

La gran dependencia de la agricultura hacia las precipitaciones de verano resulta en gran vulnerabilidad del sector hacia los cambios que el fenómeno del cambio climático pudiera traer en el ciclo hidrológico principalmente; en la RTC, las sequías afectan la producción agrícola y las cosechas locales, reduciendo la disponibilidad de alimentos, así como los ingresos agrícolas que se derivan de las ventas de las cosechas de los principales cultivos de la Región, muestra de ello fueron las considerables pérdidas agrícolas por el efecto de las sequías que dejaron el fenómeno de El Niño 2014-2015, que si bien, es un fenómeno que siempre ha existido, los efectos del cambio climático lo ha intensificado.

Los eventos climatológicos más costosos socialmente para el país, por lo que significan la pérdida de producción son los granos de subsistencia (Ibarrarán & Rodríguez, 2007). De acuerdo con el Componente de Atención a Desastres Naturales en el Sector Agropecuario y Pesquero (CENAPRED), en el año 2009, en México se reportaron siniestros por más de 384 mil hectáreas de diferentes cultivos en todo el país; mientras que para 2010 se sumaron otras 289 mil; en 2011, esta cifra se elevó a más de 805 mil, para 2012, se reportaron 26,848 hectáreas afectadas y en 2013 fueron 278,725 (CENAPRED, 2014).

1.5.1 Las sequías en Michoacán

En los años 1982-1983 se produjo un evento de sequía severa, que provocó, incendios y pérdidas estimadas en US \$600,000,000.00 en México y Centro América. Posteriormente, durante el periodo 1991-1995 se estableció un largo periodo de sequía que si bien no fue tan intenso como el antes mencionado, coincidió con una de las sequías más prolongadas en el norte de México lo cual produjo problemas internos y externos por el uso de aguas en las presas principalmente (CONAGUA-SMN, 2016).

Posteriormente las sequías de 1997-1998 o las más recientes de 2014-2015, han despertado gran interés por comprender los factores que modulan el clima, es por ello que el estudio de la influencia de El Niño en las lluvias, la temperatura y en la ocurrencia de eventos meteorológicos extremos se ha desarrollado rápidamente con el fin de entender los cambios que están ocurriendo en el ambiente (Magaña & Gay, 2000; OMM, 2012).

Entre mayo de 2014 y julio del 2015, más de 65 mil 661.05 hectáreas de 86 municipios michoacanos resultaron afectadas por eventos climatológicos extremos, como sequía, inundación, lluvias remanentes de ciclones, lluvias torrenciales y granizadas. 40 mil productores de bajos ingresos integran el registro

de daños en el periodo señalado, quienes fueron incorporados al Seguro Agropecuario Catastrófico² de acuerdo con los datos de Agroasemex³ (2015).

De acuerdo con los registros de Agroasemex (2015), en Michoacán, el Seguro Agropecuario Catastrófico contempló a los 113 ayuntamientos y su cobertura cubrió 826 mil 414 hectáreas de cultivos, así como 63,800 unidades animal para suplemento alimenticio en caso de sequía severa, con un listado de 178,000 productores. De acuerdo al dictamen, en el periodo en cuestión la Secretaría de Desarrollo Rural (SEDRU) atendió más de 200 reportes de contingencias, con 65 mil 661.05 hectáreas dañadas.

De acuerdo con los datos de SEDRU, las mayores afectaciones en el estado de Michoacán por eventos climatológicos extremos, en el año 2015, correspondieron a: la intensa sequía, que afectó a 26 municipios del Estado, donde se incluyeron cuatro de los siete municipios de la RTC. Las mayores pérdidas fueron en los cultivos de maíz, sorgo, ajonjolí, cacahuate y jitomate, con 40400.18 has dañadas; por afectaciones provocadas por las inundaciones se apoyaron a 13 municipios, a quienes se indemnizó por daños en 8,056 hectáreas de maíz, sorgo y frijol. Con respecto a las lluvias torrenciales, se indemnizó a 18 municipios que recibieron el seguro contra contingencias climáticas por 5 mil 631 hectáreas de frijol, papaya, maíz, sorgo y trigo; con respecto a las granizada, 24 municipios registraron afectaciones con un valor de 3 mil 751 hectáreas de aguacate, maíz, durazno, guayaba, calabaza, chícharo y sorgo.

Debido a las diversidad de ecosistemas existentes en la RTC, las afectaciones obedecen a diferentes fenómenos; Carácuaro, Huetamo, Nocupétaro, San Lucas y Turicato, son afectados principales por las sequías prolongadas, precipitaciones irregulares, a las plagas y enfermedades de las

² El seguro agropecuario catastrófico es un instrumento de administración de riesgos que evita la descapitalización del productor y facilita el acceso al crédito, a los productores agrícolas.

³AGROASEMEX es una institución del Gobierno Federal en materia de aseguramiento agropecuario, apoya el desarrollo agrícola y acompaña a los productores ante los riesgos creciente del cambio climático, las dificultades en materia de enfermedades y plagas, así como la opción de reconversión de siembras.

plantas, mientras que para Madero, además de las sequías, se suman las heladas y las granizadas.

1.5.2 La sequía asociada a El Niño 2015 y La Niña 2016 en la RTC

Históricamente, en la RTC, las sequías también han permanecido en la memoria colectiva y se han transmitido de generación en generación. En trabajo de campo realizado mediante la aplicación de entrevista semiestructuradas en el municipio de Carácuaro se recogieron testimonios de productores que practican la agricultura de temporal.

El señor Ignacio Osorio productor de la comunidad de La Arboleda del municipio de Carácuaro, dio testimonio de que en el año 2015 sufrieron la sequía más intensa vivida desde el año 1930, al respecto comentó lo siguiente: *“Desde el año 30 no había habido un temporal tan malo en la Región como fue el 2015, prácticamente no llovió, perdimos toda la cosecha y no cosechamos ni para comer”*. Al cuestionarle cómo sabe que la sequía del año 1930 fue tan severa, contestó que sus padres lo habían vivido y que aunque él era muy pequeño siempre lo mencionaban.

De acuerdo con los datos y proyecciones del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, el evento de El Niño 2015 terminaría en marzo del 2016, e iniciaría un año Niña (SNMHP, 2015), no obstante, aún cuando se esperaba una mejor temporada de lluvias debido a los efectos de La Niña, y que éstas favoreciera a la RTC con el incremento de los volúmenes de precipitación, no fue así; el Señor Luis Gallegos de la localidad de Carasumbapio del municipio de Carácuaro comenta lo siguiente: *“El año pasado (2016), el temporal empezó bien, pero cuando ya estaba güerenado la milpa las lluvias no fueron parejas y hubo unos tramos largos sin lluvia por eso el maíz quedó chiquito y no lo pudimos vender a buen precio”*

La Señora Teófila Santana de la localidad del Tepehuaje manifestó otra situación grave con respecto a los productores de temporal que no son dueños de la tierra. Mencionó que aún cuando existen apoyo del gobierno por siniestros agrícolas, éstos vienen etiquetados para los propietarios de la tierra y al respecto

comentó: *"A mí no me toca apoyo, es para Don Ricardo, el dueño de la tierra donde siembro, en eso quedamos cuando me presta la tierra porque nunca me ha cobrado nada por sembrar en sus tierras (fecha)"*

La ganadería extensiva, al igual que la agricultura de subsistencia es una práctica común entre los pobladores de la RTC y también han sufrido fuertes embates por las sequías de los tres últimos años. El señor Antonio Gómez y la Señora Josefina Barrera de la localidad de El Columpio, mencionaron al respecto: *"No solo fue el año 2015 el seco, también el 2014 fue muy malo, ya llevamos dos años seguidos sin cosechar nada, todo está bien seco, la presa ya no agarra agua, apenas queda rastrojo para darle de comer a las vacas un tiempo, y después hay que vender unas cuantas para darles de comer a las que quedan, y lo mismo pasa con los puercos"*

Es una realidad que las sequías han causado fuertes estragos en los últimos años sobre los productores y pobladores de la Región de estudio. Los testimonios presentados dejan de manifiesto la alta vulnerabilidad de los pobladores de la Región que practican la agricultura de subsistencia, toda vez que las sequías, según su intensidad pueden llegar a causar pérdidas totales de granos de temporal como el maíz, frijol, sorgo y los pastos para alimentar el ganado.

Si bien es cierto que ninguna sequía se manifiesta de la misma manera, no es lo mismo un primer año de sequía que un segundo año o un tercero consecutivos, ya que las presiones se van acumulando, así como las reservas de granos y recursos económicos, quedando a expensas, en muchas ocasiones de las remesas recibidas por parte de los familiares que residen y trabajan en los EE. UU. y de los apoyos de los programas gubernamentales, mismos que regularmente son dados a cambio de votos electorales, situación que vulnera aun más las condiciones de vida de los pobladores de la región.

1.6 Factores que hacen vulnerable la Región Tierra Caliente

Los factores que hacen vulnerable a la RTC obedecen principalmente a las condiciones del ambiente físico, social y a las presiones dinámicas presentes en la

Región, entre las que se pueden mencionar los ecosistemas degradados, asentamiento en zonas de alto riesgo y viviendas sin protección; otra condición de vulnerabilidad es la economía frágil que prevalece en la Región, los bajos niveles de ingresos (insuficientes para cubrir las necesidades básicas familiares), la migración y el abandono de la tierra, y las presiones dinámicas referentes a las actividades propias de la población como las sobreexplotación de los recursos naturales (caza de fauna en peligro de extinción para su supervivencia), deforestación de los bosques, incremento en el uso de herbicidas y pesticidas cuyas consecuencias radican en daños en el ambiente como la erosión y la pérdida de la fertilidad de los suelos y daños en la salud de las personas que lo aplican sin una protección adecuada.

1.6.1 Factores ambientales

En la RTC se localizan tres cuencas importantes: El Río Carácuaro, El Balsas y El Río Tacámbaro, además del Río Quenchendio, Aratichanguio, Tepalcate y Huetamo; el arrastre de tierra, residuos sólidos urbanos y de contaminantes a los cuerpos de agua suponen la principal problemática ambiental. La sobreexplotación de los recursos naturales de las selvas bajas caducifolias de Carácuaro, Nocupétaro, Huetamo, San Lucas y Turicato, así como de los bosques de pino-encino de los municipios de Tacámbaro y Madero ha dejado como resultado tierras abandonadas y migración de fauna silvestre.

La deforestación por el aprovechamiento maderable, y el avance de la frontera agrícola de la producción de aguacate, principalmente, suponen otro factor que aumenta la vulnerabilidad de la Región, debido a que los costos ambientales por la producción del aguacate ha dejado erosión de suelos, deforestación, pérdida de biodiversidad, contaminación ambiental (en aire, en agua y en suelo), incremento de la temperatura promedio por los efectos de la y disposición inadecuada de desechos (Ortiz et al., 2014).

Las malas prácticas agrícolas como la rosa-tumba-quema son prácticas que a lo largo de la historia agrícola de Región han desmontado zonas estratégicas para la recarga de los mantos acuíferos y captación de agua por ese motivo la

Región presenta una erosión hídrica importante con deformación del terreno y erosión hídrica con pérdida del suelo superficial, zonas áridas montañosas, pérdida de fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica y tierras sin uso en afloramientos rocosos (Villa et al., 2008).

1.6.2 Factores sociales

De acuerdo con Villegas (2007), existe una serie de factores que hacen vulnerable a la RTC de Michoacán, entre los que destaca la pobreza, la discriminación, la marginación, la violencia a causa del crimen organizado, migración y abandono de tierras, la crisis política (pérdida de la democracia), crisis económica (empobrecimiento), crisis social (pérdida de cohesión) y la desigualdad social entre otros.

En México, millones de familias dependen principalmente de las remesas para su subsistencia, sin embargo, no existe la infraestructura, o son muy pocas las comunidades que las tienen, para aprovecharlas de forma estratégica en la inversión para mejoras de su calidad de vida a largo plazo. En 2010, de los 28.6 millones de hogares que hay en el país, solamente el 3.6% recibían remesas, las cuales se destinan a cubrir necesidades básica y a la compra de bienes de uso duradero (televisiones, refrigeradores entre otros) es decir, se dirigen estos recursos principalmente al consumo.

Si bien las remesas contribuyen de forma significativa al bienestar de los migrantes y sus familias, y son componente esencial del ingreso familiar debido a que ayudan a mejorar las condiciones de vida, no contribuyen a reducir las condiciones de pobreza y de desigualdad social en las que están inmersos una gran proporción hogares en nuestro país (Canales, 2016).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La intensificación de las sequías asociadas al fenómeno del cambio climático plantea un enorme desafío para la Región Tierra Caliente con implicaciones en el ámbito social, económico y ambiental debido a la relación que guarda la producción agrícola de temporal con la regularidad de la precipitación pluvial, lo cual, deja de manifiesto la necesidad de una adaptación eficaz y desarrollo de capacidades sociales, institucionales, además del desarrollo y aplicación de tecnología a través de la mejora de los sistemas de captación de agua, aprovechar el potencial productivo de la tierra, con la finalidad de reducir los riesgos de impactos y daños relacionados con los fenómenos hidrometeorológicos, entre otros impactos negativos que pudieran generarse como plagas y enfermedades en los cultivos y su implicaciones en la población.

1.7 El cambio climático y la agricultura

La agricultura, es una actividad que contribuye al calentamiento global a causa de la deforestación ocasionada para preparar los terrenos cultivables, y las emisiones producidas por el uso de fertilizantes y el gas metano que emite el ganado. No obstante, por otro lado, el sector agrícola será una de los más afectados por los efectos del cambio climático; la disminución en las precipitaciones observada en distintas regiones del mundo conllevará una reducción en las cosechas de los granos y frutos (FAO, 2010; Petit & Prudent, 2008).

Lobell y colaboradores (2008) realizaron un análisis de los riesgos climáticos para los cultivos en 12 regiones del mundo con inseguridad alimentaria; con la finalidad de identificar las prioridades de adaptación para lo cual utilizaron 20 modelos circulación general de la atmósfera y proyecciones de la producción para el horizonte 2030. Los resultados mostraron que Asia meridional y África son las dos regiones que, sin suficientes medidas de adaptación al cambio climático, sufrirán impactos en varios cultivos que son importantes para las grandes poblaciones humanas con inseguridad alimentaria, mientras que en Sudáfrica se podría perder hasta el 30% de su capacidad de producción de maíz antes del 2030.

La agricultura se vería directamente afectada en todo el mundo por un cambio en los ciclos de las cosechas provocado por los cambios de temperatura, un aumento de la tasa de erosión causada por unas precipitaciones más intensas, la proliferación enfermedades y plagas, especies vegetales invasoras y un descenso en el área de tierra cultivable a causa del aumento del nivel del mar. La producción de biocombustibles, como parte de los intentos para reducir la dependencia de los combustibles fósiles, causará una competencia con las cosechas tradicionales y reducirá el área de tierra de cultivo para alimentar a la población (Petit & Prudent, 2008).

El hambre en el mundo alcanzó un récord histórico en 2009, con 1 020 millones de personas que pasan hambre a diario, de acuerdo con datos publicados por la FAO (2009); en la medida que se espera que la población mundial alcance la cifra de 9.1 billones para el 2050, la agricultura requiere seguir incrementando su productividad para satisfacer la creciente demanda de granos; bajo este contexto, el cambio climático representa un reto importante debido a que el 75% de las poblaciones que viven en áreas rurales del planeta dependen de la agricultura, la forestería y la pesca (Torres et al., 2011).

Las implicaciones del cambio climático en la agricultura apuntan hacia la disminución de la disponibilidad de agua que influye directamente en el rendimiento de los cultivos, e indirectamente en un posible agravamiento de la situación en cuanto a las enfermedades, las plagas, y en el nivel máximo de tolerancia de temperatura; donde predomina la agricultura de temporal es probable que disminuya el rendimiento lo cual podría resultar también afectada la subsistencia de poblaciones que viven de la agricultura y del pastoreo, que constituyen una gran parte de la población rural en algunas regiones de México. lo cual se traduce en que la afectación del cambio climático en la agricultura se debe a que las variaciones de los niveles de temperatura o de precipitación se aproximen o excedan los límites de tolerancia de los cultivos (Conde et al., 2004).

A la fecha, se han realizado diversos estudios que abordan la temática de la vulnerabilidad agrícola para conocer los efectos del cambio climático en los

rendimientos agrícolas bajo escenarios de cambio climático en diversos horizontes de tiempo (Conde et al.,2000; Ruiz et al., 2000; Gay, 2000; Conde et al.,2006) cuyo principales aportes apuntan a que la actividad agrícola bajo condiciones de cambio climático requiere de escenarios precisos, dada la relación de este sector a los cambios en el clima y a su dependencia de los regímenes de lluvia, especialmente las superficies de temporal.

Jones y Thornton (2003) encontraron que los impactos del cambio climático en la agricultura pueden contribuir significativamente a los desafíos del desarrollo de reducir la pobreza; en su trabajo mostraron los posibles impactos en la producción de maíz en África y América Latina; sus resultados muestran una reducción del 10% en la producción de maíz hacia el año 2055, equivalente a pérdidas de \$ 2 mil millones de dólares al año.

Magrin, y colaboradores (2009), trabajaron con los escenarios A2 y B2 propuestos por el IPCC y por medio del modelo regional del clima (CIMA) para el horizonte 2080, en la Región Paperiana Argentina, donde encontraron que para el escenario A2 se alcanzaría una reducción promedio del rendimiento de 4% en trigo, 9% en maíz y 14% en soja. En tanto que para el escenario B2 la reducción media sería trigo (3%) y maíz (6%), y en soja se incrementos del 3%.

En El Salvador, Monterrosa de Tobar (1998) encontró que el cambio climático podría ocasionar pérdidas para la producción de los granos básicos en su conjunto de 10.9 millones de dólares en el año 2025 y de 24.9 millones de dólares en el 2100⁴ y para las zonas costeras se calculó pérdidas de 27.4 y 45.3 millones de dólares en el 2025 y 2100, respectivamente. En términos de área perdida para su uso potencial en el cultivo de granos básicos, el autor señala que la pérdida se ubica desde 48.3 km² en el escenario optimista hasta los 136.2 km² en el escenario pesimista extremo.

Para Costa Rica, encontró que los cambios en la producción agrícola y las ganancias económicas serían afectadas; los impactos económicos del cambio

⁴ El autor hace referencia a las pérdidas económicas únicamente relacionadas con las sequías que se prevé se presenten en el futuro derivadas del aumento en la temperatura promedio y la disminución en los niveles de precipitación.

climático sobre la producción agropecuaria en relación al PIB de 2007, se estiman pérdidas entre 1% y 2% del PIB hacia 2050, a una tasa de descuento de 4%. En tanto que lo referente al sector turístico en sus modelos encontraron que el incremento en la temperatura reducirá la demanda de alquiler, alcanzando una disminución del 1,2% en los ingresos que provienen del alquiler de la propiedad, (Ordaz et al., 2010).

En México, Conde y colaboradores (1997) analizaron los impactos potenciales del cambio climático en cultivos de maíz de secano; crearon escenarios base basados en las condiciones climáticas de ese año y su relación con el desarrollo del cultivo de maíz, además, evaluaron la vulnerabilidad de los cultivos en cada escenario utilizando la metodología de costo-beneficio. Aplicaron el modelo CERES-Maíz para estimar los rendimientos de los cultivos de maíz de secano en 7 sitios bajo los escenarios de referencia y de cambio climático donde observaron una reducción en el ciclo de crecimiento del maíz en todos los sitios.

Tinoco y colaboradores (2011), realizaron un estudio sobre el efecto del cambio climático en la distribución potencial del maíz en el estado de Jalisco. Empleando dos modelos de cambio climático para el periodo 2041-2060, bajo el escenario A2. Los resultados mostraron un incremento en la superficie no apta para el cultivo del maíz en 63.6% para el modelo de cambio climático GFDL y en 90.8% para el modelo Hadley. Las regiones Centro, Norte y Este de Jalisco son las que registran los cambios de mayor magnitud. La disponibilidad de humedad en el suelo es el factor que se ubica como el componente limitante para el desarrollo del cultivo de maíz.

Posteriormente Granados y Sarabia (2013), realizaron un estudio en un Distrito de Desarrollo Rural de Toluca, Estado de México para analizar las posibles alteraciones que puede traer el cambio climático en la producción de maíz de temporal. Se aplicó el modelo de Cambio Climático Hadley, de los escenarios de emisiones A2 y B2 para el 2050. Los resultados obtenidos mostraron que las variables temperatura y precipitación tendrán desenlaces negativos en el desarrollo fenológico de maíz. Se afectará la floración que tendría implicaciones

directas en reducción acentuada la producción. El cambio climático más probable es el ascenso de la temperatura del aire en promedio de 2°C; en cuanto a la precipitación pluvial la alteración es mayor, en algunos casos se escenifica una disminución de 40%; sin embargo, es de esperarse que existan regiones donde la precipitación aumente.

1.8 Justificación

México es un país altamente vulnerable ante los efectos del cambio climático, de acuerdo con datos del IPCC (2007). Evidencia de ello es que en los últimos años ha incrementado la cantidad y la intensidad fenómenos hidrometeorológicos, traducidos en altos costos sobre la economía. En 20 años (1989-2009), el porcentaje de pérdida en el volumen de producción en el país se estimó en un 12% promedio anual respecto al total sembrado. En el país, solo para el año 2009, la reducción del porcentaje del volumen de producción perdido fue de 17% con más de 88 millones de toneladas en la producción agrícola con un valor de casi los 50 mmdp (SIAP, 2011). Además la tendencia general muestra que las pérdida de la agrícola producción por los efectos de los siniestros climático es creciente.

En la actualidad, diversos investigadores han realizado estudios que abordan la problemática del cambio climático en la producción agrícola, mismos que demuestran que la producción agrícola es vulnerable a la variabilidad climática de la región en donde se encuentren, por lo que los cambios en las condiciones climáticas repercuten directamente en la calidad y cantidad de las cosechas (Conde et al., 2000; Ruiz et al., 2000; Conde et al., 2006; Tinoco et al., 2011; Bellón et al., 2011; Monterroso et al., 2011), no obstante, es necesario realizar estudios más detallados que involucren no solo el impacto del cambio climático a escala nacional, sino poder contar con estudios a escala regional que evalúen el riesgo de la agricultura al cambio climático en regiones como la Tierra Caliente de Michoacán, donde, tanto la producción agrícola como la pecuaria, son sistemas de subsistencia (Villa y Ortiz, 2005).

Para el caso específico de la RTC las pérdidas por siniestros de 2003-2015 en términos reales (2000=100), ascienden a 293,232, donde el municipio de Huetamo es el municipio con las mayores pérdidas (figura 4).

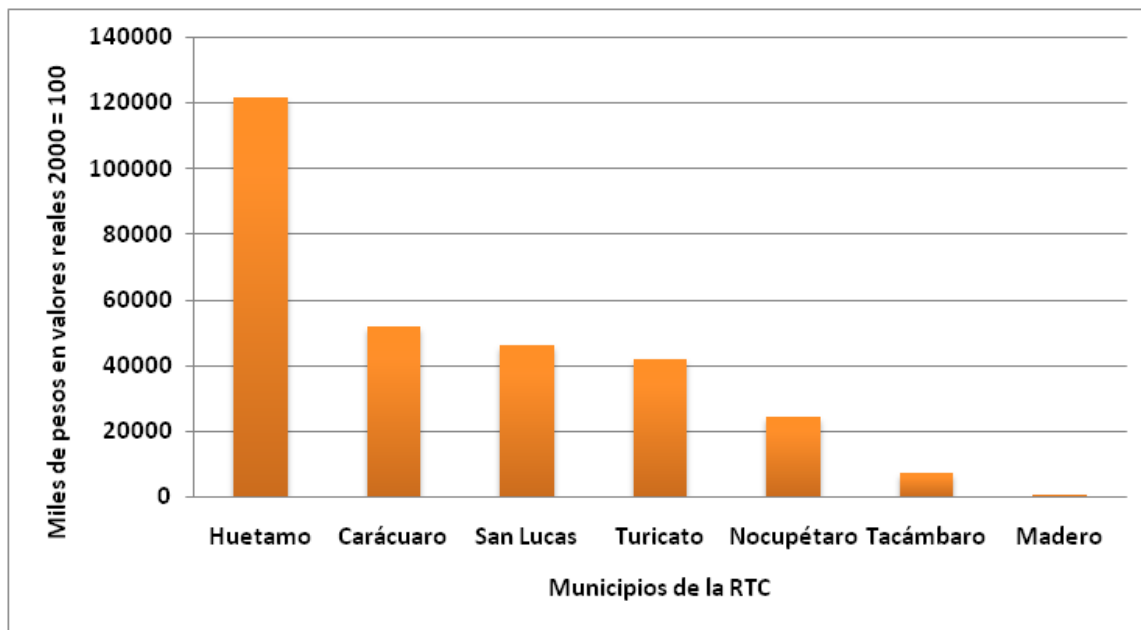


Figura 4. Pérdida por siniestros en la producción agrícola de temporal 2003-2015 en la RTC
Fuente: Elaboración propia con datos del cierre de la producción agrícola de temporal por municipio SIAP (2003-2015).

No obstante, no se cuenta con estudios sobre la vulnerabilidad agrícola en el estado de Michoacán, ni sobre los impactos regionales en la agricultura y su relación entre economía y cambio climático; el presente trabajo parte del supuesto de que no se trata de una relación directa, sino más bien producto de una interrelación compleja que involucra a diversos sectores de la sociedad, por una parte a los productores agrícolas quienes resienten directamente las pérdidas económicas a causa de las variaciones climáticas (aumento o disminución de la temperatura media), y eventos climatológicos extremos (sequías, inundaciones y heladas), y los pobladores son quienes pagan los costos (INECC-SEMARNAT, 2012).

Para los municipios de Carácuaro, Huetamo, Nocupétaro y Turicato, las principales amenazas que presenta el sector agrícola corresponden a las sequías prolongadas, precipitaciones irregulares, y a las plagas y enfermedades de las

plantas, mientras que para los municipios templados (Madero y Tacámbaro), además de las amenazas antes mencionadas se suman las heladas y las granizadas.

La gran dependencia de la agricultura hacia las precipitaciones de verano resulta en gran vulnerabilidad en el sector agrícola hacia los cambios que el fenómeno del cambio climático pudiera traer en el ciclo hidrológico principalmente; en la Región Tierra Caliente, las sequías afectan la producción agrícola y las cosechas locales, reduciendo la disponibilidad de alimentos, así como los ingresos agrícolas que se derivan de las ventas de las cosechas de los principales cultivos de la Región, muestra de ello fueron las considerables pérdidas agrícolas por el efecto de las sequías que dejaron el fenómeno de El Niño 2014-2015, que si bien, es un fenómeno que siempre ha existido, los efectos del cambio climático lo ha intensificado (IPCC, 2013).

1.9 Problema de investigación

El cambio climático, manifestado en sequías más intensas en la Región Tierra Caliente en los últimos años, ha puesto en riesgo a la producción agrícola de temporal en los siete municipio manifestado en costos elevado en siniestros agrícolas que afecta a productores agrícolas y en general a toda la población de la Región.

1.10 Preguntas de investigación

En la presente investigación se plantearon las siguientes preguntas:

1. ¿Existe la señal de cambio climático en la RTC del Estado de Michoacán?
2. ¿Cuál es la tendencia de la precipitación a futuro?
3. ¿Qué vislumbran los escenarios futuros de cambio climático 2025-2075, con respecto a las temperaturas máximas y mínimas de la Región?
4. ¿Cuál es la probabilidad de que se incremente el peligro y que aumente el número de días secos y el número de días cálidos consecutivos en la RTC ?
5. ¿Existe la amenaza de sequía en la RTC?

6. ¿Cuál es la probabilidad de no excedencia y cuál el período de retorno en años?
7. ¿A cuánto ascienden las pérdidas económicas en la producción agrícola de temporal atribuibles al cambio climático en el período de tiempo 2003-2015 y cuáles son costos posibles a futuro?
8. ¿Cuál es la vulnerabilidad social de los pobladores de la RTC?
9. ¿Cuál es la vulnerabilidad agrícola municipal de la RTC?
10. ¿Cuál es el grado de exposición a eventos climáticos a los que están expuestos los productores agrícolas de la RTC?
11. ¿Cuál es el grado de resiliencia de los productores agrícolas de la RTC?

1.11 Objetivo general

Identificar la señal de cambio climático en la Región Tierra Caliente del estado de Michoacán y la vulnerabilidad socioeconómica y agrícola que permita la construcción de un modelo de riesgo útil en la cuantificación de los posibles costos a futuro del cambio climático en el sector agrícola de la Región.

1.12 Objetivos específicos

1. Identificar la señal de cambio climático de la Región Tierra Caliente.
2. Conocer la tendencia de la precipitación a futuro en la RTC
3. Proyectar los escenarios de cambio climático en la RTC para conocer las el posible comportamiento a futuro de la temperatura máxima y mínima
4. Determinar la probabilidad de que se incremente el peligro y que aumente el número de días secos consecutivos
5. Calcular la probabilidad de que incremente el número de días cálidos consecutivos en la RTC
6. Determinar el grado de amenaza de sequía en la RTC
7. Estimar las pérdidas económicas en la producción agrícola de temporal atribuibles al cambio climático a futuro considerando los escenarios A2 y A1B en los horizontes 2025, 2050 y 2075

8. Evaluar la vulnerabilidad social de los pobladores de la RTC
9. Estimar la vulnerabilidad económica del impacto agrícola Regional
10. Conocer la importancia económica de la agricultura en los siete municipios que integran la Región Tierra Caliente
11. Estimar la vulnerabilidad agrícola municipal Cuantificar la vulnerabilidad total (agrícola, social y económica) Municipal
13. Conocer el grado de exposición a eventos climáticos a los que están expuestos los productores agrícolas de la RTC
14. Estimar la resiliencia de los productores agrícolas de la RTC

1.13 Hipótesis

Debido a la estrecha relación que guarda la agricultura de temporal con el clima, el cambio climático representa una amenaza que se manifiesta en peligro y que bajo las condiciones de vulnerabilidad socioeconómica y agrícola de los productores de la Región, mismas que, con base en el modelo propuesto, se incrementarán las pérdidas económicas a futuro.

1.14 Variables, índices e indicadores

La tabla 1 presenta las variables, índices e indicadores con los que se trabajaron en la presente investigación.

Tabla 1. Variables, índices e indicadores empleados en la investigación

Variables	Índices	Indicadores
Señal de Cambio climático	Tendencias de cambio climático	• Coeficiente de correlación de Mann-Kendall
	Tendencias de precipitación	• RHTest V4 Find_U
	Escenarios de cambio climático	• LARs
Peligro	Días secos consecutivos	• R-ClimDex CDD (No. de días secos consecutivos en un año)
	Días cálidos	• R-ClimDex SU25 (Días al año con temperaturas máximas mayor a 30°C)
Amenaza	SPI: Índice de precipitación	Probabilidad de no excedencia

	estandarizado	Período de retorno de la sequía en años
Costos atribuibles al cambio climático	Producción agrícola de temporal anual 2003-2015	<ul style="list-style-type: none"> • INFOSIAP • INEGI • Escenarios de Lars
Vulnerabilidad	Vulnerabilidad Social	• Índice de desarrollo humano
		• Índice de Pobreza, FGT
		• Marginación
		• Dependencia Económica
		• PIB*1
	Impacto económico de la agricultura municipal	• IEE = Índice de especialización económica
• ICP = Índice de concentración de la población en el sector primario		
• Am = Participación de la agricultura en la economía Mpal.		
	• Idiv = Índice de diversificación de las actividades económicas municipales	
Vulnerabilidad Económica del Impacto Agrícola y Vulnerabilidad Social	Índice de Vulnerabilidad Total IVSE = IVEIMA + IVSO Componentes: -Índice de Vulnerabilidad Económica del Impacto Agrícola; -Índice de Vulnerabilidad Social	
Exposición	Exposición socioeconómica	• Valor total de la producción agrícola de temporal
		• Valor total de la producción pecuaria
		• Índice de Marginación
Resiliencia	Productores agrícolas	• Tecnicidad
		• Riego
		• Tracción
		• Instalaciones
		• Calidad de la superficie
	• Acceso a financiamiento	

Fuente: Elaboración propia.

1.15 Tipo de investigación

En la presente investigación se aplicó el método científico como elemento fundamental de la ciencia, el cual puede perfeccionarse mediante los resultados a las que lleva el análisis, para lo cual se requirió una revisión bibliográfica del estado del arte del tema, esto debido a que el método científico es la estrategia de la investigación científica: afecta a todo ciclo completo de investigación y es independiente del tema de estudio (Bunge, 2004; Torres & Navarro, 2007).

El tipo de estudio es hipotético-deductivo, con un enfoque mixto con preponderancia cuantitativa; en la primera parte de la investigación se empleó el enfoque cualitativo para conocer el estado del arte de los escenarios de cambio climático en la Región Tierra Caliente de Michoacán del Estado de Michoacán; en la segunda parte de de investigación se tornó cuantitativo, ya que se utilizó un programa estadístico para la señal del cambio climático. La presente investigación explicativa porque dio respuesta a los fenómenos relacionados con el cambio climático que han venido ocurriendo en los últimos años y que han ocasionado pérdidas económicas en la producción agrícola de la Región Tierra Caliente de Michoacán del estado de Michoacán.

CAPÍTULO II

DESARROLLO, CAMBIO CLIMÁTICO, ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO VULNERABILIDAD Y RIESGO

MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se exponen los principales elementos teóricos que sustentan la investigación; inicia con la revisión teórica del auge del modelo agrícola mexicano hasta llegar al desarrollo sustentable como paradigma, posteriormente se plantea la ciencia del cambio climático y fenómeno en el contexto internacional y nacional; su descripción, implicaciones teóricas a futuro en la producción agrícola bajo escenarios de cambio climático y se revisa la conceptualización teórica del riesgo, vulnerabilidad y sus componentes; además se revisa la conceptualización de la sequía como la principal amenaza climática en la Región Tierra Caliente.

2.1 El modelo de desarrollo del siglo XVI

El modelo de desarrollo que nació en Europa a mediados del siglo XVI y que posteriormente alcanzó a países como Estados Unidos y Japón, cambió la dinámica económica mundial; el desarrollo científico y tecnológico transformó los procesos de producción, mecanizándolos, traducándose en una mayor eficiencia en la utilización de los recursos naturales sin considerar su reposición o, en su caso, la aplicación de estrategias de mitigación y mantenimientos adecuados, en especial en lo que respecta a los suelos, el agua para usos agrícolas, industriales y domésticas, las superficies boscosas y los energéticos (Urquidi, 1998).

A principios del siglo XIX y hasta mediados del siglo XX el consumo de energía se aceleró; los combustibles fósiles eran empleados exclusivamente en la industria, y gradualmente comenzaron a introducirse en las viviendas urbanas permitiendo importantes mejoras en el bienestar de la población. Tal consumo de energía no significaba ningún problema ambiental para las economías que se encontraban en constante crecimiento, por el contrario, el creciente consumo de combustibles fósiles era percibido como un indicador en el avance o retroceso de las economías de los países. En la actualidad, los más ricos del mundo usa en promedio 25 veces más energía que los más pobres (González, 2007).

Fue así que el modelo de desarrollo de los países industrializados, se convirtió en el modelo a seguir por el resto de los países, cuyo objetivo era alcanzar un desarrollo equiparable al nivel obtenido por aquellos países que podían satisfacer plenamente sus necesidades y elevar el nivel de vida de la población mediante la creación de empleos y aumento progresivo de los salarios (Gutiérrez & González, 2010) y debido a que el desarrollo económico y tecnológico alcanzado por los países industrializados se construyó bajo un sistema industrial contaminante y agresivo con la naturaleza, basado en la utilización masiva de la quema de combustibles fósiles es que actualmente nos enfrentamos ante uno de los mayores problemas globales (Guimarães, 1994).

De acuerdo con estudios de la CMNUCC, el cambio climático tiene una relación directa y particular con el desarrollo logrado por los países

industrializados de América del Norte, Europa Occidental y Japón; en un mundo donde la energía por excelencia se basa en el petróleo y el carbón, la quema indiscriminada de los mismos que tardaron millones de años en formarse y sólo algunos cientos para consumirlos tiene un balance negativo para el ciclo del carbono (UN-HABITAT, 2011).

Los posteriores descubrimientos, tales como la energía atómica, los avances en bioquímica o en ingeniería genética sitúan al planeta en un constante riesgo; visto desde esta perspectiva, la tecnología es percibida como una amenaza constante sobre la naturaleza (Aledo et al., 2009), esto porque el desarrollo económico y social en México ha contribuido al deterioro de los ecosistemas naturales, que se han hecho vulnerables a los efectos del cambio climático; otro factor es la falta de acción inmediata a este respecto, lo cual implicará costos mayores, y limitará el alcance de las medidas para contrarrestarlo en el futuro (CONABIO, 2009; Galindo, 2010).

2.1.1 Auge del modelo agrícola mexicano

Entre 1910 y 1920 se establece un primer marco de desarrollo agrícola en América por ser la alternativa geográfica de una Europa en guerra y es así que países como México se ven obligados a entrar en el proceso de industrialización y mecanización de la producción agrícola, cuyo objetivo era producir más cantidad y más rápido; no obstante, en ese periodo México vivía la Revolución Mexicana y la pugna por la distribución villista de la tierra; el auge de la industria ganadera; las políticas económicas de Carranza y los conflictos económicos angloamericanos (Womack, 2012).

Después del colapso del modelo primario exportador a consecuencia de la crisis 1929-1932, y las profundas reformas realizadas durante el periodo Cardenista, se llevaron a cabo transformaciones radicales con respecto al modelo de desarrollo predominante; donde es posible identificar tres etapas del desarrollo agrícola: la primera etapa es la denominada "*auge agrícola*" que abarcó de 1940 a 1958, periodo durante el cual la agricultura creció en forma irregular pero alcanzó una tasa promedio semejante a la tasa de crecimiento de la economía en

su conjunto, es decir, la participación de la agricultura dentro de la economía nacional disminuía lentamente, donde se reflejaba en sus rendimientos los años agrícolas climáticamente buenos o malos; de acuerdo con los datos publicados por Gómez (1995), en 1940, la agricultura representaba 19% del producto interno bruto nacional mientras que para 1958 había bajado solamente a 17%.

De 1940-1970 se desarrolla en México el "*desarrollo estabilizador*" o como lo denomina Carmona (1975) "*El Milagro mexicano*"; las bases de este modelo consistieron en estabilizar económicamente al país, para lograr un desarrollo económico continuo, con la finalidad mantener la economía libre de topes como inflación, déficit en la balanza de pagos, devaluaciones y demás variables que logran estabilidad macroeconómica, bajo una política agrícola compensatoria basada en subsidios fiscales (Carmona, 1973; Gómez, 1995).

El periodo en el que se manejó el modelo del desarrollo estabilizador abarcó los sexenios de Adolfo Ruiz Cortines, Adolfo López Mateos y Gustavo Díaz Ordaz; los propietarios agrícolas y ganaderos en buena medida, pero también, en alguna proporción, a los campesinos (ejidatarios y comuneros) organizados en la Confederación Nacional Campesina (CNC) se les ofrecía confianza y garantías a la pequeña (y a la no tan pequeña) propiedad, precios de garantía, sistemas de almacenamiento, crédito creciente en términos razonables (con tasa de interés subsidiada), extensas tierras con agua asegurada (distritos de riego), apoyos de todo tipo para mecanizar y tecnificar los cultivos. A cambio de ello, los campesinos se comprometían a trabajar y mantener seguridad y paz social en el campo (Tello, 2010).

La segunda etapa del desarrollo agrícola en México comprendió de 1966-1981, que aunque la tasa de crecimiento del sector agrícola era inferior a la tasa de crecimiento económico nacional que era impulsado por la industria y el modelo de sustitución de importaciones. Sin embargo, 1966-1976 se registró un periodo al que denominaron el estancamiento agrícola; y fue hasta 1977 que se estimuló de nuevo al sector agrícola a través de inyección al gasto público destinados a obras

de irrigación y drenaje, créditos agrícolas, insumos (fertilizantes, combustible y electricidad) principalmente (Gómez, 1995).

Con respecto al manejo de la tierra, en ese mismo periodo de tiempo, se desmontaron grandes extensiones de tierra, y se aprovechó la madera, la vegetación y se implantaron los sistemas agropecuarios intensivos por todo el territorio. No obstante, enfrentar el manejo de las grandes extensiones de tierra con mano de obra limitada, fue lo que obligó a recurrir a la mecanización intensiva, y a la investigación de la industria química en dos vertientes: el control de plagas con pesticidas y los fertilizantes para incrementar la productividad (Negrete, 2011).

La tercera etapa inicia en año 1982, con la instrumentación de un nuevo modelo o paradigma de desarrollo denominado neoliberalismo, mismo que pondría fin a la fuerte intervención del Estado en algunas actividades económicas en el país. En esa década arranca un ambicioso programa de desincorporación de empresas públicas, desregulación de la actividad económica, y apertura del sector financiero y en general de toda la economía; la apertura del comercio del exterior se consolidó con la firma y entrada en vigor del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) en 1994 (Gasca, 2010).

A pesar de haberse logrado un crecimiento económico notable y sostenido durante el periodo en que perduró el desarrollo estabilizado en México, la distribución de los beneficios fue desfavorable para los sectores más numerosos de la población; persistió el patrón de acumulación de capital adoptado en México a partir de la década de los años cincuenta lo cual generó grandes contradicciones que terminaron por convertirse en limitantes para la continuidad del modelo de desarrollo implementado: la concentración del ingreso, el desequilibrio externo y el déficit fiscal (Barkin, 1991).

Con respecto al TLCAN, Gasca (2010) menciona que los saldos han sido: la generación de nuevas escalas de desigualdad regional debido que el proceso de inserción a las inversiones foráneas y los procesos de comercio en Norteamérica han sido desiguales y excluyentes en el territorio nacional.

En México, el sector agrícola ha sufrido una serie de cambios y adaptaciones a lo largo de los años, tanto en las demandas del mercado y de la sociedad como por las modificaciones en las condiciones de la tierra; el cambio de uso de suelo, la sobreexplotación de recursos naturales, el cambio en las prácticas de manejo de las unidades agropecuarias y por la sustitución de cultivos o razas mejoradas, entre otras causas ha dado como resultado cambios considerables en el paisaje, mismos que a su vez han contribuido a modificar los patrones regionales de temperatura y precipitación; lo anterior realza la necesidad de cambiar hacia prácticas de producción agrícola sustentables⁵ que a la vez permitan tener una producción de alimentos y de fibras vegetales, sin poner en riesgo la conservación de recursos naturales ni la diversidad biológica y cultural para las futuras generaciones (CONABIO, 2006).

Gligo (2001), propone que para mejorar la situación ambiental, es necesario construir nuevos paradigmas que contribuyan a redefinir el desarrollo, adoptando una modalidad distinta, cuyo estilo esté conciliado con la naturaleza lo que nos conduce hacia un desarrollo sustentable, mismo que debe ir acompañado de cambios estructurales profundos, que se perpetúe en el modelo actual de desarrollo.

2.2 El desarrollo sustentable como paradigma

La concepción del desarrollo sustentable no es reciente, desde el siglo XVIII existían pensadores que se referían al mismo, no obstante fue hasta el siglo XIX cuando el interés por la conservación se unió con los propósitos de la Ecología a partir de las conferencias e informes internacionales sobre medio ambiente, así como de las principales corrientes del pensamiento ambientalista (Cohat y Stoffel, 1988).

Sin embargo, no fue sino hasta hace veinticinco años que la humanidad pasó de la necesidad de dominar a la naturaleza a al entendimiento de la

⁵ La agricultura sustentable hace referencia a las buenas prácticas agrícolas: agricultura de conservación, fertilización integral, manejo integrado de plagas, uso eficiente de agua de riego e incorporación de la agricultura de precisión, entre las propuestas para la preservación de los recursos naturales (INE-SEMARNAT, 2006).

amenaza que representa el agotamiento, deterioro y destrucción de los recursos naturales. A finales del siglo XX la población mundial presencié una transformación radical en la manera de concebir la relación entre sociedad y naturaleza y se le denominó: *el paradigma sustentable*" en el cual se asume la necesidad impostergable de modificar los patrones de consumo de la sociedad para recuperar el equilibrio roto con el medio ambiente (Perló y González 2006).

El desarrollo sustentable como paradigma, figura como el mejor medio para alcanzar el desarrollo sin colapsar a los ecosistemas. Al respecto, Jiménez (2002) señala que la sustentabilidad debe concebirse desde un enfoque que defina las relaciones entre los sistemas humanos y ambientales con un sentido de globalidad, perdurabilidad y corresponsabilidad rigiéndose bajo los principios de precaución, prevención, responsabilidad ambiental y conservación de ecosistemas y su biodiversidad, contenidos en el artículo 26 de la Ley General de Cambio Climático (LGCC, 2012).

Teóricamente, el paradigma del desarrollo sustentable tiene su origen en el debate internacional en Estocolmo en 1972 y consolidado 20 años más tarde en Río de Janeiro en 1992. No obstante, a lo largo del tiempo, ha el desarrollo sustentable ha tenido una gran variedad de interpretaciones tanto en lo académico, como en los discursos políticos, donde la mayoría de las concepciones representan la definición sugerida por la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo, presidida por la entonces primera ministra de Noruega, Gro Brundtland (1987).

El desarrollo sustentable ha sido interpretado desde muchas perspectivas aunque siempre partiendo de la definición del informe Brundtland "*satisfacer las necesidades del presente sin poner en peligro la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades*", (WCED, 1987, p. 43); existe un amplio consenso sobre las ideas principales que perfilan las posturas oficiales de los países como un nuevo marco de referencia y una estrategia para garantizar una mejor calidad de vida para la población actual y futura (López, 2008).

La Declaración de Río, en su principio 4^a, afirma que *“a fin de alcanzar el desarrollo sustentable, la protección del ambiente deberá constituir parte integral del proceso de desarrollo y no podrá considerarse en forma aislada”* (ONU, 1992). Considero que lo anterior refleja con claridad que el desarrollo sustentable no es un objetivo social que se agote en políticas de crecimiento sostenido.

Entonces, el desarrollo sustentable ha venido impregnando los distintos campos del saber y del hacer de tal forma que en la actualidad es aplicable a muchas de las actividades humanas, particularmente a aquellas que tienen una influencia directa en el medio ambiente, como pueden ser los sectores agrícola, manufactureros, ecoturístico, e incluso la cultura y el arte (López 2008).

Para Quintana (2011), la sustentabilidad es la equidad ecológica, económica y social, tanto para las presentes como para las futuras generaciones. Du Plessis (2002) agrega que en este contexto la sustentabilidad se debería entender como el proceso que permitirá la continuación indefinida de la existencia humana en la tierra, a través de una vida sana, segura, productiva y en armonía con la naturaleza y con los valores espirituales, pero para lograrlo, deben cumplirse ciertas condiciones, como establecer un balance entre las necesidades humanas, la capacidad de carga del planeta, y la obligación moral de mantener esa capacidad para satisfacer las necesidades de las futuras generaciones.

Calvente (2007) plantea que la sustentabilidad debe evolucionar a partir de cuatro perspectivas; cuatro aspectos que corresponden a una misma realidad:

- **Proceso Sostenible.** Un proceso es sostenible cuando ha desarrollado la capacidad para producir indefinidamente a un ritmo en el cual no agota los recursos que utiliza y que necesita para funcionar y no produce más contaminantes de los que puede absorber su entorno, cubriendo los aspectos relacionados con la reducción de la vulnerabilidad humana.
- **Proceso Robusto.** Un sistema o proceso es robusto, cuando es capaz de mantener las condiciones globales de producción en situaciones o entornos volátiles, con grandes cambios y transformaciones, alejados del equilibrio.

- **Proceso Resiliente.** Un sistema o proceso es resiliente cuando tiene la capacidad de recuperarse luego de una situación o momento traumático o catastrófico, no necesariamente volviendo a su estado anterior. Es recuperar el orden desde el caos. Si un sistema no tiene suficiente resiliencia organizacional ante una catástrofe el camino es la extinción del sistema.
- **Proceso Adaptativo.** La capacidad adaptativa está relacionada con la existencia de mecanismos para la evolución de la novedad a través del aprendizaje. Desde el punto de vista de la especie humana y dadas las características de estos nuevos problemas globales, la capacidad adaptativa se convierte en la única alternativa, ya que la opción de la migración no es una opción muy factible dado que por el momento no existe otro lugar donde ir, y la extinción de la especie humana, tampoco es una opción deseable.

No obstante, no es lo mismo hablar de sustentabilidad ecológica y sustentabilidad ambiental; la sustentabilidad ecológica hace referencia a las funciones propias de la naturaleza, en función de la maduración y desarrollo hacia estados climax o bien, si hay intervención del hombre, se puede lograr con base en el manejo de las situaciones controladas donde se recompone para mantener constantes los volúmenes (biomasa), las tasas de cambio y los ritmos de circulación que caracterizan a un sistema constante; Gligo (2001) afirma que pasar de la definición de sustentabilidad ecológica a la de sustentabilidad ambiental no es un asunto sencillo, porque significa incorporar la complejidad que representa la relación sociedad-naturaleza. La sustentabilidad ambiental se diferencia de la ecológica en función la incorporación de tres conceptos a saber, lo temporal, lo tecnológico y lo financiero (Gligo, 2001).

2.3 La ciencia del cambio climático

La Convención Marco sobre el Cambio Climático (CMCC) de las Naciones Unidas, en su Artículo 1, define el cambio climático como *“cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”*. La CMCC distingue entre el cambio

climático atribuible a las actividades humanas que alteran la composición atmosférica y la variabilidad climática atribuible a causas naturales (ONU, 1992).

Las bases científicas del cambio climático, radican en que se está incrementando la concentración de los gases de efecto invernadero (GEI) de la atmósfera cuya función es mantener y regular la temperatura en la tierra: dichos gases son: bióxido de carbono (CO_2) el vapor de agua (H_2O), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O) y ozono (O_3). Mientras los GEI son generados por actividades antropogénicas que incrementan la retención de calor, se tienen: el bióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), perfluorometano (CF_4) y perfluoroetano (C_2F_6), hidrofluorocarbonos (HFC-23, HFCS-134a, HFC-152a) y hexafluoruro de azufre (SF_6). (Trenberth et al., 1995; IPCC 2001). La figura 5 muestra un esquema del efecto invernadero en la atmósfera.

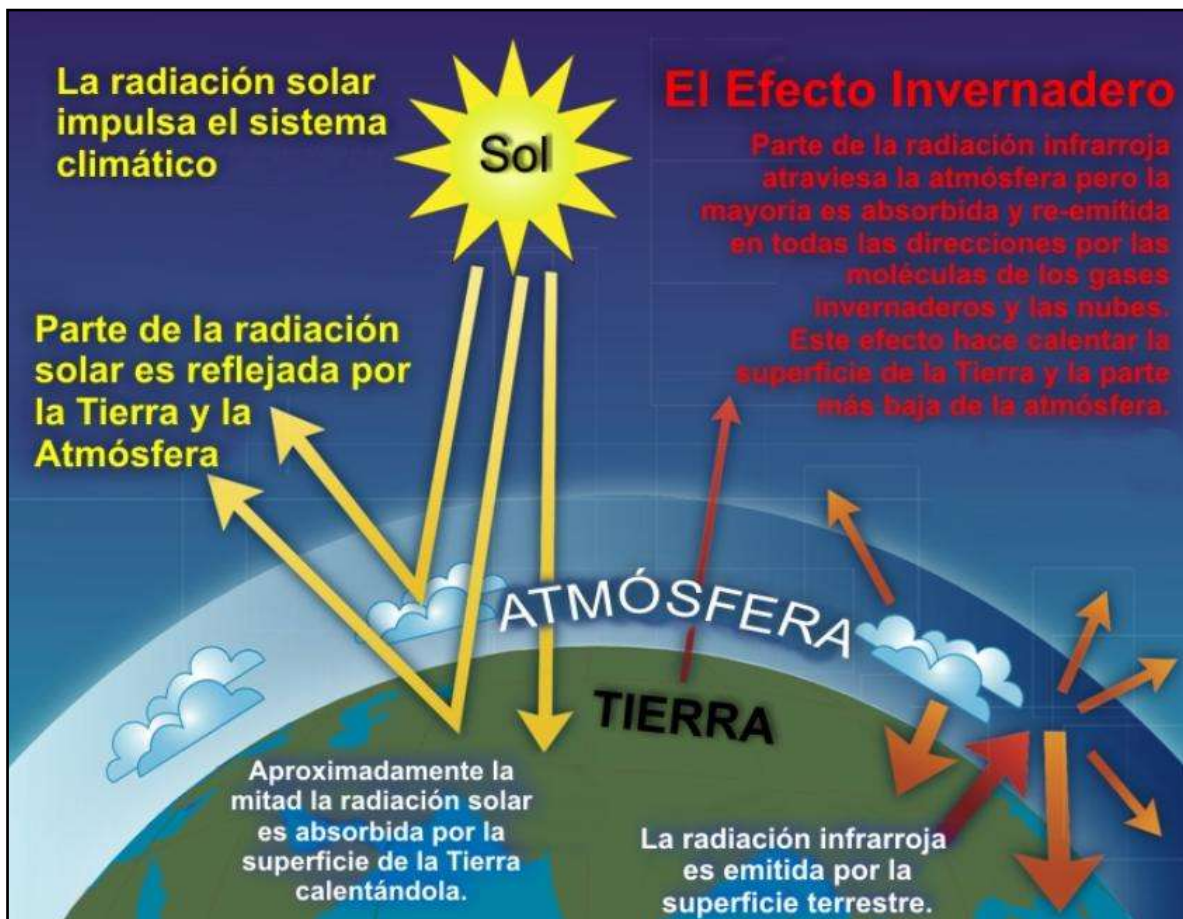


Figura 5. El efecto invernadero

Fuente: <http://cmapspublic2.ihmc.us/rid=1LWR2Z8QH-25J4329-1YVH/efecto%20invernadero.jpg>

Una vez que entra la energía solar a la Tierra, sólo el 10% alcanza de nuevo el espacio exterior, el resto es absorbido por las nubes (vapor de agua) y por otros gases de efecto invernadero como el CO₂ o el Metano, más tarde estos gases reemiten radiación de onda larga en todas direcciones, incluyendo de nuevo hacia la tierra, en un ciclo llamado “Efecto Invernadero” y cuyo resultado es el calentamiento de la superficie de la tierra y de la atmósfera. El Efecto Invernadero es un fenómeno natural que da lugar a una temperatura media global muy superior a la que sentiríamos sin el efecto invernadero (Echarri, 1998).

Aunque la presencia de los GEI guarda una relación directa con el incremento de la temperatura, no obedece solo a estos; la variabilidad climática ha sido una constante en el planeta, de manera que los cambios de clima son parte del funcionamiento del sistema planetario. Los elementos que históricamente han ocasionado el cambio climático son: cambio en la radiación solar, erupciones volcánicas, variaciones en la vegetación, tormentas solares, corrientes oceánicas, variaciones orbitales, erupciones volcánicas, entre otros (García, 2012).

Destacando algunos puntos importantes de la discusión teórica sobre el cambio climático, se presenta una convergencia en lo siguiente: a) el cambio climático es una amenaza real y la evidencia señala que el clima efectivamente está cambiando; b) aún hay incertidumbre sobre la celeridad, extensión e incluso sobre la dirección de los alteraciones climáticas , ya que hay evidencias de que sus efectos físicos y económicos serán desiguales entre los países (Trenberth et al., 1995; Ponce & Cantú, 2012).

2.3.1 Las atribuciones y trabajos del IPCC

El cambio climático global es un fenómeno que ha sido ampliamente estudiado en las últimas décadas por las principales academias de ciencias del mundo, así como el grupo de especialistas denominado Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés). Las principales atribuciones del IPCC⁶ comprenden: evaluar la información científica y socioeconómica disponible

⁶ El IPCC fue creado en 1988 por la Organización Meteorológica Mundial y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente con el fin de mantener informados a todos los gobiernos sobre los temas relacionados con el cambio climático. Los 194 países miembros del IPCC se reúnen una vez al año en

sobre el cambio climático y su impacto, así como las opciones para mitigar el cambio climático y la adaptación al mismo, y proporcionar, previa solicitud, asesoramiento científico, técnico y socioeconómico a la Conferencia de las Partes (CP) de la Convención Marco sobre el Cambio Climático, de las Naciones Unidas (CMCC) (IPCC, 2001).

Desde 1990, el IPCC ha elaborado una serie de informes de evaluación, informes especiales, documentos técnicos, metodologías y otros productos que se han convertido en obras de referencia estándar, ampliamente utilizadas por los responsables de políticas públicas, científicos y otros expertos. Los principales aportes apuntan a que la influencia humana sobre el sistema climático es clara; el IPCC (2014) en su quinto informe, ha confirmado que el cambio climático es inequívoco, y que desde 1950 muchos de los cambios observados en el sistema climático no tiene precedentes en las últimas décadas e incluso milenios (IPCC 2001; 2007; 2013; 2014).

La publicación de informes del IPCC iniciaron en 1990 con los grupos de trabajo I, II y III. El Grupo de trabajo I, publicó el informe: " *Climate Change: The IPCC Scientific Assessment* " fue uno de los primeros trabajos para sentar las bases científicas del fenómeno del cambio climático. El informe concluyó que ha aumentado el promedio de temperaturas de la superficie en todo el mundo (IPCC, 1990).

El Grupo de trabajo II publicó *Climate Change: The IPCC Impacts Assessment*; utilizó diversos estudios basados en diferentes metodologías; a partir de los textos existentes sobre la materia, los estudios se basaron en diversos escenarios como medio de evaluar los posibles impactos del cambio climático, cuyas características podrían ser las siguientes: a) una duplicación efectiva del CO₂ en la atmósfera entre el momento actual y los años 2025-2050; b) un aumento consiguiente de la temperatura media mundial de entre 1,5°C y 4,5°C; c) una distribución desigual del aumento de la temperatura mundial, que sería menor

sesiones a las que también acuden otras instituciones y organizaciones observadoras. La Resolución 43/53 de diciembre de 1988 de la Asamblea General de las Naciones Unidas establece que la función del IPCC es "proporcionar evaluaciones científicas coordinadas de la magnitud, ritmo e impacto medioambiental y socio-económico del cambio climático y estrategias de actuación" (Watson, *et al.*, 1997).

- la mitad del incremento medio - en las regiones tropicales, y mayor el doble del incremento medio - en las regiones polares; d) una elevación del nivel del mar de aproximadamente 0,3 a 0,5 m para el año 2050 y de aproximadamente 1 m para el año 2100, junto con una elevación de temperatura de la capa superficial del océano de entre 0,2° y 2,5°C (IPCC, 1990).

Con respecto a los resultados de los escenarios elaborados por el Informe Especial sobre Escenarios de Emisiones (IEEE) del IPCC (2001), se prevé que el promedio de temperatura del aire en la superficie de todo el mundo aumente, según los modelos, del 1,4 al 5,8°C hasta el año 2100 por comparación con el año 1990, y previéndose también con los mismos modelos que el promedio del nivel de la superficie del mar en todo el mundo aumente de 0,09 a 0,88 m al año 2100; estas proyecciones indican que el calentamiento variará de una región a otra y estará acompañado de aumentos y disminuciones de precipitación. Además, habrán modificaciones en la variación del clima y modificaciones de frecuencia e intensidad de algunos fenómenos climáticos extremos. Estas características generales del cambio climático actúan en los sistemas naturales y humanos y fijan el contexto para la evaluación del Grupo de trabajo II sobre los impactos del cambio climático.

2.3.2 Posturas teóricas del cambio climático

El Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) fue creado en 1988 por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Sus atribuciones comprenden: i) evaluar la información científica y socioeconómica disponible sobre el cambio climático y su impacto, así como las opciones para mitigar el cambio climático y la adaptación al mismo, y ii) proporcionar, previa solicitud, asesoramiento científico, técnico y socioeconómico a la Conferencia de las Partes (CP) de la Convención Marco sobre el Cambio Climático, de las NU (CMCC). Desde 1990 el IPCC ha elaborado una serie de informes de evaluación, informes especiales, documentos técnicos, metodologías y otros productos que se han

convertido en obras de referencia estándar, ampliamente utilizadas por los responsables de políticas, científicos y otros expertos (IPCC, 2001).

Luego de que el IPCC publicara evidencia científica y modelos de previsión de comportamiento del clima, los escenarios fueron catalogados desde graves hasta catastróficos (con un 95 % de confianza) (IPCC, 2014). Desde la interpretación del IPCC, el cambio climático obedece en esencia a causas antrópicas. No obstante, un grupo de científicos denominados escépticos o negacionistas⁷ lo ponen en duda y refutan dicha evidencia; aunque aceptan que la presencia de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en la atmósfera guarda una relación con el incremento de la temperatura, argumentan que no necesariamente obedece a las actividades antropogénicas, o bien, no sólo a estos.

Por otra parte, los escépticos argumentan que, la variabilidad climática ha sido una constante en el planeta, de manera que los cambios de clima son parte de la normalidad del clima. Al respecto han sido documentadas las variaciones climáticas por largos períodos de tiempo. Los elementos que naturalmente ocasionan este fenómeno son: cambio en la irradiancia o radiación solar, erupciones volcánicas, variaciones en la vegetación, tormentas solares, corrientes oceánicas, variaciones orbitales, erupciones volcánicas, entre otros (Montoya, 2012).

Para quienes el cambio climático no es ocasionado por la actividad humana y la acumulación de gases que reciclan la radiación solar en contraposición a la visión del IPCC, se aprecian tres elementos de evidencia. 1) El cambio climático siempre ha existido y no se relaciona con el CO₂, cuya presencia en la atmósfera es ínfima, para incidir en la absorción de energía solar. Se da una importancia mínima del CO₂ en la atmósfera. Exponen que el porcentaje de CO₂ en la atmósfera de la Tierra es solo del 0.054%, fracción increíblemente pequeña y que

⁷ Negacionistas es un término utilizado por Gore (2007) en su obra *“Una verdad Incomoda”*, donde aclara que no todos los “negacionistas” (o “negadores”) comparten los mismos supuestos ni están movidos por los mismos intereses, pero la audiencia pública de sus ideas puede contribuir a generar escepticismo, a relativizar la percepción por parte de la población de los riesgos que entraña y, sobre todo, a no considerar urgente la adopción de políticas de respuesta al cambio climático.

además, hay que extraer sólo la parte que el ser humano está aportando que es aún más pequeña; resultando insignificante las emisiones de la acción humana (Ponce y Cantú, 2012). 2) La temperatura global del planeta disminuyó de 1940 a 1980 en promedio, situación que no obedeció a la concentración de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en la atmósfera. 3) Los modelos de reconstrucción del clima muestran una recurrencia a las variaciones climáticas en comparación con otras épocas, actualmente no se ha alcanzado temperaturas mayores a las del siglo XIV (Jones, 2009).

Destacando algunos puntos importantes de la discusión teórica sobre el cambio climático. Se presenta una convergencia al menos en lo siguiente: a) el cambio climático es una amenaza real y la evidencia señala que el clima efectivamente está cambiando; b) aún hay incertidumbre sobre la celeridad, extensión e incluso sobre la dirección de los alteraciones climáticas, ya que hay evidencias de que sus marcas físicas y económicas en el mundo, se hallan distribuidas desigualmente con impactos predecibles (Ponce & Cantú, 2012).

La pregunta es ¿Podrían tener razón los escépticos al defender que el cambio climático es una falsa alarma, o al menos que la afirmación de que los humanos lo provocamos no es más que un mito? Los científicos tienden a ser muy prudentes, los expertos evitan afirmar nada con firmeza hasta no estar seguros de que se tienen argumentos sólidos para defenderlo. En el caso del clima, ello les lleva a reconocer a menudo las incertidumbres inherentes a sus modelos de predicción climática.

Por otra parte, tal como lo señala Meira (2009), los escépticos por lo general no publican sus artículos en revistas de investigación científica reconocida. En realidad existe mucha incertidumbre en cuanto a los modelos atmosféricos desarrollados en los últimos años, aunque coinciden en lo fundamental: los cambios atmosféricos debidos a la actividad humana explican los aumentos de temperatura en la Tierra detectados en los últimos decenios con impactos a nivel global en la salud humana, agricultura, agua, hielo y glaciares, en los ecosistemas, en el nivel del mar y un Incremento en la frecuencia e intensidad

de inundaciones, sequías, tormentas, olas de calor, ciclones tropicales, huracanes y otros eventos extremos, aumentando los costos económicos y mermando las oportunidades de desarrollo (WWF, 2010).

2.4. El cambio climático: natural y antropogénico

Desde su origen, el planeta ha estado en permanente cambio, tal como lo evidencian las denominadas eras geológicas, con grandes transformaciones en la conformación del planeta, y la evolución de las especies desde que la vida apareció en la Tierra, incluso muchos de los cambios más importante en la biosfera han estado forzados por organismos, como fue el paso de una biosfera pobre en oxígeno y con alta irradiación ultravioleta a una biosfera con un 21% de oxígeno y una capa de ozono que filtra los rayos ultravioleta, consecuencia el desarrollo de la fotosíntesis en bacterias (Duarte et al., 2006).

A lo largo de los 4.600 millones de años de historia de la Tierra las fluctuaciones climáticas han sido muy grandes. En algunas épocas el clima ha sido cálido y en otras frío y, a veces, se ha pasado abruptamente de unas situaciones a otras. Así, por ejemplo: algunas épocas de la Era Mesozoica (225 - 65 millones años BP) han sido de las más cálidas que se han registrado. En ellas la temperatura media de la Tierra era unos 5 °C más alta que la actual; en los relativamente recientes últimos 1,8 millones de años, ha habido extensas glaciaciones⁸ alternándose con épocas de clima más benigno, similar al actual. A estas épocas se les llama interglaciaciones (Echarri, 1998).

La diferencia de temperaturas medias de la Tierra entre una época glacial y otra como la actual es de sólo unos 5 °C o 6 °C . Diferencias tan pequeñas en la temperatura media del planeta son suficientes para pasar de un clima con grandes casquetes glaciares extendidos por toda la Tierra a otra como la actual. Así se entiende que modificaciones relativamente pequeñas en la atmósfera, que cambiaran la temperatura media unos 2 °C o 3 °C podrían originar

⁸ Una glaciación es un período de larga duración en el cual baja la temperatura global de la Tierra dando como resultado una expansión de hielo continental de los casquetes polares y los glaciares.

transformaciones importantes y rápidas en el clima y afectar de forma muy importante a la Tierra y a nuestro sistema de vida (Echarri, op. cit.).

Aunque el cambio climático ha formado parte y es algo consustancial al planeta que, a lo largo de sus miles de millones de años de historia ha experimentado cambios mucho más intensos que los que se han reportado en los últimos años. Crutzen y Stoermer (2000), sugieren que el acelerado proceso de cambio climático que se ha experimentado en los últimos siglos, no obedecen a causas naturales; en principio, la rapidez con la que este cambio está teniendo lugar, con incrementos considerables en las emisiones de CO₂ en espacios de tiempo geológico⁹ tan cortos para la evolución del planeta como décadas; y en segundo lugar, el hecho de que una única especie, el *Homo sapiens sapiens*, es el motor de todos estos cambios (Crutzen y Stoermer, 2000).

La figura 6 muestra el incremento de las emisiones globales de CO₂ provenientes de la quema de combustibles fósiles, misma que ha sido, en promedio, de 2,6% anual durante el período 1960-2013, con un aumento mayor entre 1960 y 1970, a una tasa anual del 4,7%, mientras que las emisiones derivadas del cambio de uso del suelo han disminuido a una tasa del 0,9% en promedio anual durante el período 1960-2013 (CEPAL 2014).

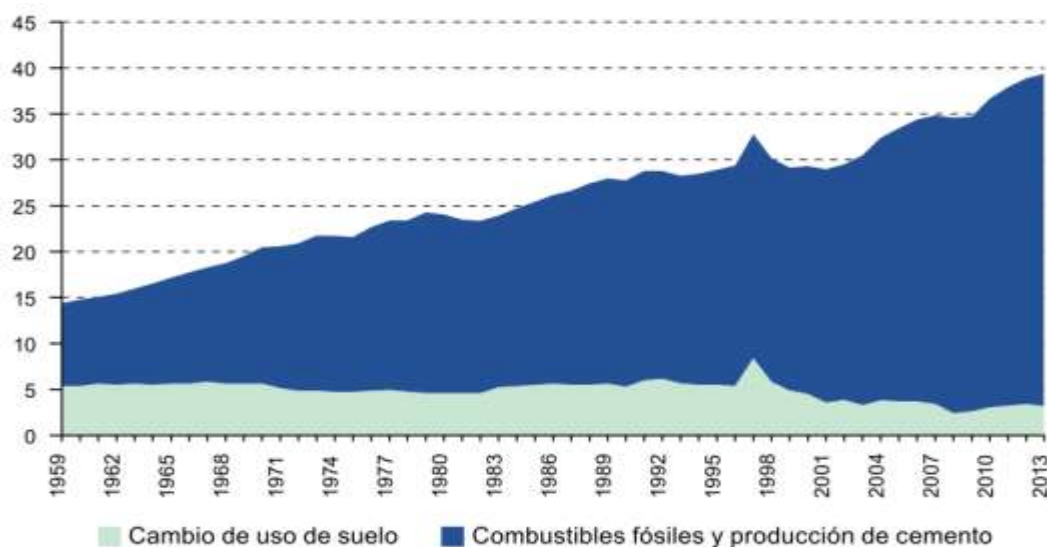


Figura 6. Emisiones mundiales de CO₂, de 1959-2013 en gigatoneladas

Fuente: CEPAL (2014)

⁹ El tiempo geológico corresponde al tiempo desde la formación de la Tierra hasta el presente.

No obstante, las civilizaciones humanas, han experimentado cambios natural es en el clima a través de su historia, mismas que se han desarrollado en un lapso de tiempo en el cual la temperatura ha permanecido más o menos estable. Magaña (2004) describe tres formas fundamentales para cambiar el equilibrio de radiación de la tierra: 1) cambiando la radiación solar incidente; mediante cambios en la órbita terrestre o en el sol; 2) cambiando la fracción de la radiación solar reflejada también denominada albedo, mediante cambios en la envoltura de las nubes, las partículas de la atmósfera o la vegetación y 3) modificando la radiación emitida de onda larga desde la tierra hacia el espacio, por ejemplo mediante cambios en las concentraciones de gases de efecto invernadero.

Aun cuando son muchos los factores que influyen en el clima, los científicos han determinado que las actividades humanas han contribuido con más de la mitad de las emisiones de GEI (con un 95% de certeza), lo que se han convertido en una fuerza dominante, responsables de gran parte del aumento de la temperatura de la Tierra desde 1951 (Magaña, 2004; IPCC, 2013).

Las lluvias más abundantes se presentan en verano y otoño, causadas por la incidencia de masas de aire cálido y húmedo procedentes de los mares adyacentes, esencialmente del Pacífico; éstas son de carácter monzónico. En los años en que se presenta el fenómeno de El Niño un calentamiento anómalo en el Pacífico Sur, se observa un aumento de la lluvia invernal en México en los Estados de Michoacán, Guerrero y Oaxaca.

Aunque Mesoamérica es una de las regiones en las que la señal de El Niño es más intensa, el problema de la predicción del clima estacional no ha sido resuelto; El Niño puede impactar en diversas maneras el clima, principalmente cuando se consideran condiciones regionales, esto debido a la existencia de factores que afectan el clima de la región que sólo han sido estudiados parcialmente. Así, como anomalías en las temperaturas del Mar Caribe y Golfo de México, o cambios en el uso de suelo, entre otros, pudieran ser moduladores importantes de las lluvias regionales (Magaña & Gay, 2002).

2.4.1 El Niño, Oscilación del Sur

Un factor importante en el clima de México y relacionado con las lluvias es la ocurrencia de los eventos de La Niña y El Niño. Bajo condiciones de cambio climático, muchos modelos predicen una intensificación de este tipo de eventos, una extensión de su duración y/o una intensificación de sus efectos (Houghton et al., 2001). Ambos eventos están relacionados con sequías estivales y lluvias intensas en invierno, aumentando el riesgo de pérdidas de cosecha en muchas regiones debido a inundaciones y sequías (Conde et al. 2004; Magaña 2004; Landa et al., 2008).

El fenómeno El Niño es un elemento muy importante que debe tomarse en cuenta cuando se analiza la eficiencia de la producción agrícola en México (Magaña, 2004). Las mayores pérdidas en el sector agrícola se deben a decisiones equivocadas en política agraria, en combinación con sequías o inundaciones debido a que las prácticas comunes en la agricultura son, en gran medida, resultado del conocimiento ancestral sobre el clima y el campo. En la actualidad existen anomalías en el clima que son más intensas que las experimentadas en años pasados y se argumenta que la ocurrencia de un cambio climático global está provocando la intensificación del ciclo hidrológico (IPCC, 1996; 1997).

2.5 Escenarios de cambio climático

Los escenarios climáticos son estudios climatológicos simulados y supuestos para el futuro, basados en información histórica y actual a nivel global, que permiten evidenciar posibles cambios del estado climático (Cavazos et al., 2013). Cabe señalar que un escenario no es un pronóstico o predicción, más bien, es una serie de imágenes de posibles rumbos hacia los cuales se dirige el clima futuro, los cuales dependen de las medidas que adopte la humanidad en el futuro. Los escenarios de cambio climático se elaboran en función de la cantidad esperada de emisiones humanas de GEI a la atmósfera (Magaña, 2010).

En 1990 y 1992 el IPCC desarrolló varios escenarios de emisiones a largo plazo que consideraba variables sociales y económicas, llamados IS92 (figura 7);

esos escenarios se han utilizado para el análisis de un posible cambio climático, de sus repercusiones y de las opciones para mitigar dicho cambio. En 1995 se evaluaron los escenarios del IPCC de 1992 y en dicha evaluación se recomendó tener en cuenta los importantes cambios habidos (desde 1992) en cuanto a la comprensión tanto de las fuerzas que rigen las emisiones como de las metodologías. Estos cambios conciernen, a la intensidad en carbono del suministro de energía, a la desigualdad de ingresos entre los países desarrollados y los países en desarrollo, y a las emisiones de azufre (IPCC, 2000).

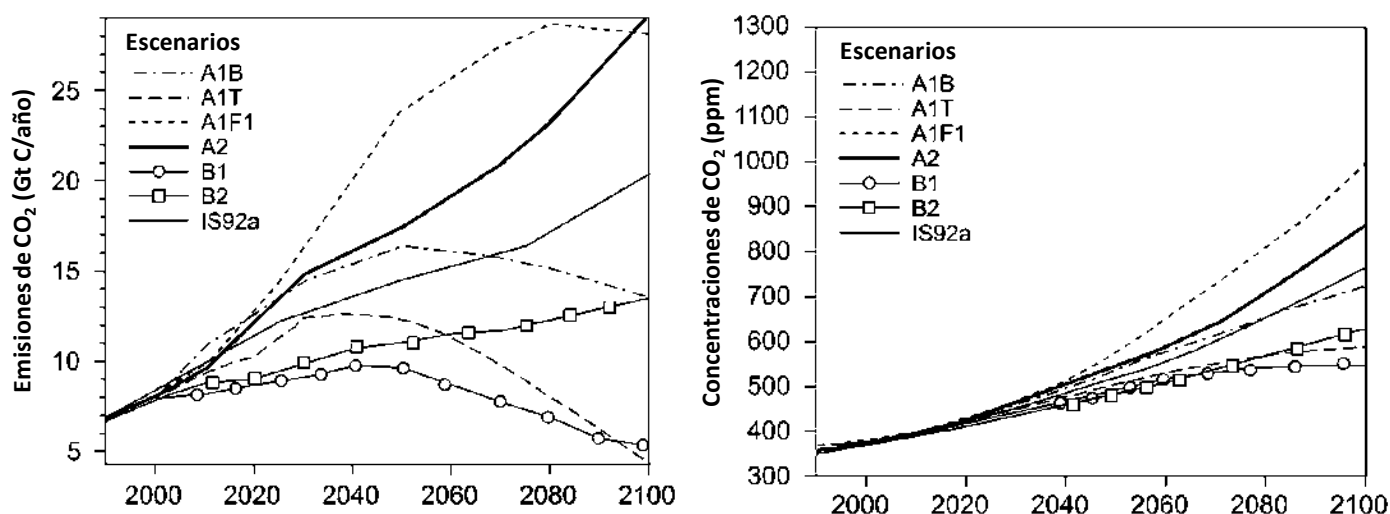


Figura 7. Escenarios de emisiones de CO₂ y concentraciones atmosféricas de 1900-2100
Fuente: IPCC (2000).

Los escenarios de emisiones propuestos por el IPCC (2000), parten de cuatro diferentes historias de desarrollo socioeconómico global, denominadas A1, A2, B1 y B2 (figura 8), que describen consistentemente las relaciones entre las principales fuerzas demográficas, económicas y tecnológicas que determinan las emisiones futuras de los GEI.

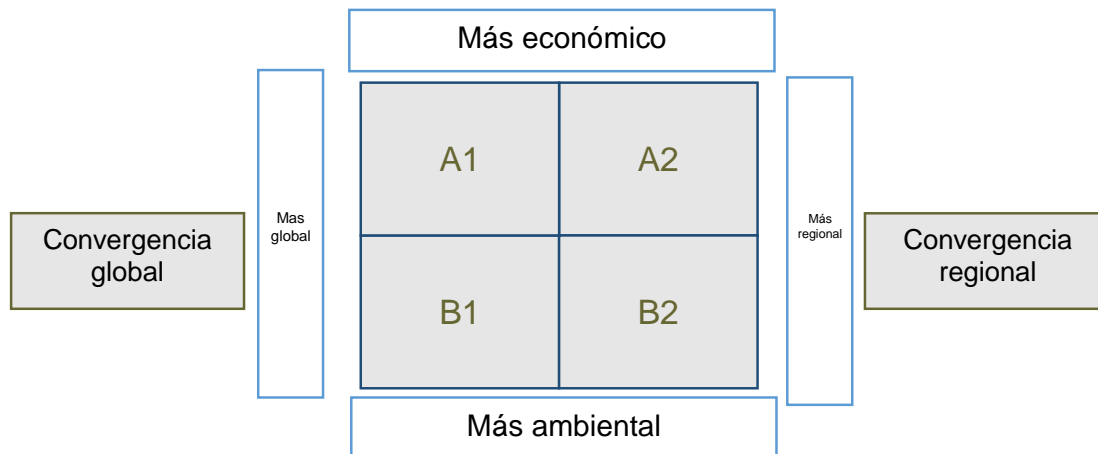


Figura 8. Escenarios de cambio climático propuesto por el IPCC (2000)
 Fuente: Elaboración propia con información del IPCC (2001)

Los escenarios A1 y su familia describe un planeta futuro de crecimiento económico muy rápido, una población mundial que llega a su máximo a mediados del siglo XXI y declina después, y una rápida introducción de tecnologías más eficientes. La familia de escenarios A1 se desarrolla en tres grupos con direcciones alternativas en cambio tecnológico y sistema de energía. Los tres grupos A1 se distinguen por énfasis tecnológico: uso intensivo de combustibles fósiles (A1FI), fuentes de energía no fósiles (A1T), o un balance entre todas las fuentes de energía (A1B).

Los escenarios A2 y su familia de escenarios, describen un planeta muy heterogéneo; patrones de fertilidad sobre regiones convergen muy lentamente, lo que resulta en un continuo aumento de población. El desarrollo económico está primeramente orientado en forma regional, con crecimiento económico per cápita y cambios tecnológicos fragmentados y más lentos que en las otras historias.

La historia B1 y su familia de escenarios, describen un planeta convergente con población mundial que llega a su máximo a mediados del siglo XXI y luego decrece como en la historia A1, pero con un cambio rápido en la estructura económica hacia una de servicios y economía de la información, con reducciones en la intensidad del material y la introducción de tecnologías limpias y uso eficiente de recursos. El énfasis es en soluciones globales a la economía, sustentabilidad ambiental y social, incluyendo equidad, pero sin iniciativas climáticas adicionales.

La historia B2 y su familia de escenarios, describen un planeta el cual tiene énfasis en soluciones económicas locales y sustentabilidad social y ambiental. Es un planeta con incrementos constantes en la población, a una razón menor al de la historia A2, niveles de desarrollo económico intermedio y menos rápido, así como más diversos cambios tecnológicos con respecto de las historias A1 y B1. Esta familia de escenarios está orientada hacia la protección ambiental y equidad social, enfocándose en niveles locales y regionales.

Las emisiones futuras de GEI son el producto de muy complejos sistemas dinámicos, determinado por fuerzas tales como el crecimiento demográfico, el desarrollo socioeconómico o el cambio tecnológico; su evolución futura es muy incierta. Los escenarios son imágenes alternativas de lo que podría acontecer en el futuro, y constituyen un instrumento apropiado para analizar de qué manera influirán las fuerzas determinantes en las emisiones futuras.

Los escenarios son de utilidad para el análisis del cambio climático, y en particular para la creación de modelos del clima, para la evaluación de los impactos y para las iniciativas de adaptación y de mitigación. No obstante, contienen un elemento intrínseco llamada incertidumbre.

2.5.1 Escenarios del cambio climático global

En las últimas evaluaciones del IPCC se argumenta que el cambio climático es un fenómeno inequívoco cuyo aumento ha sido de 1°C respecto a las temperaturas registradas en 1850, y que el futuro del clima depende de las emisiones asociadas al modelo energético que el mundo adopte; los impactos del cambio climático variarán en función del modelo de desarrollo que el mundo elija ya que el escenario de emisiones asociado determinará la velocidad de aumento de la temperatura global (Gay et al., 2010).

El cambio climático global afectará el funcionamiento de muchos ecosistemas y de las especies que los integran con impactos sobre la salud humana, al principio, el cambio climático puede llegar a ser beneficioso para algunas zonas, como es la reducción del pico invernal de mortalidad por inviernos más suaves en los países templados, no obstante, las repercusiones serán, en

general, adversas y afectarán de forma desproporcionada a las poblaciones vulnerables¹⁰ (OMS, 2008).

Entre los efectos esperados que tendrán fuertes impactos sobre la población se ha reportado lo siguiente (IPCC, 2013): se espera que la temperatura media global de la superficie cambie en el periodo 2016-2035 en el rango de 0.3°C a 0.7°C con respecto al periodo 1986-2005. Se pronostica que habrá más periodos de temperatura extrema alta y menores periodos con temperaturas bajas; y es probable que las olas de calor ocurran con mayor frecuencia y duración. los eventos de precipitación extrema sobre la mayor parte de la superficie en latitudes medias y en regiones húmedas tropicales muy probablemente se tornarán más intensas y frecuentes hacia el final del presente siglo.

Se espera que los índices actuales de elevación del nivel del mar aumenten como resultado de la expansión térmica de los océanos y el derretimiento de la mayoría de las montañas glaciares y de los casquetes de hielo en el oeste del Antártico y Groenlandia. Las consecuencias incluyen la pérdida de pantanos e islas barrera en las costas, y un mayor riesgo de inundaciones en las comunidades costeras. En México, las áreas bajas, como la región costera del Golfo de México y del Mar Caribe son particularmente vulnerables (Ortiz y Méndez, 1999).

2.5.2 Escenarios de temperatura para México

El estudio realizado para la Cuarta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio climático en México establece que, en términos generales, la magnitud de los incrementos proyectados en temperatura aumenta entre más lejano sea el plazo de los escenarios climáticos, además entre escenarios de emisiones de GEI, cuanto más emisiones considera el escenario mayor es el incremento de la temperatura, es decir, la magnitud de los cambios proyectados en temperatura varía entre los horizontes de tiempo 2020, 2050 y 2080 (INE-SEMARNAT 2009).

¹⁰ La Organización Mundial de la Salud determina como población vulnerable a: niños, adultos mayores con padecimientos de base, de bajo nivel socioeconómico y poblaciones aisladas.

Los escenarios regionalizados de cambio climático (temperatura y precipitación) elaborados para la Cuarta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio climático en México, integraron las proyecciones considerando períodos de 30 años, con lo cual se obtuvieron tres horizontes de tiempo, el del 2020 (representa el periodo 2010-2039); b) 2050 (representa el periodo 2040-2069), y c) 2080 (representa el periodo 2070-2099).

Los mayores incrementos de temperatura se esperan en el noroeste de México y la zona del Golfo de California, mientras que los menores cambios se esperan en el suroeste. Podemos concluir que prácticamente todos los escenarios indican un aumento en la temperatura media. Por otra parte se señala que los aumentos de temperatura proyectados en el sur de México, tienen mayor probabilidad de rebasar en el futuro cercano (2030), los rangos de variabilidad interanual experimentados en las décadas recientes.

Para la región noroeste, los incrementos de temperatura y las diferencias entre escenarios son más notables a partir de la segunda mitad del siglo XXI; por ejemplo para la década del 2091-2100, con el escenario A2 se observan los mayores incrementos, del orden de 3.5°C en promedio, mientras que el escenario B1 proyecta 2°C, aproximadamente. Existen algunos experimentos de regionalización que llevan a concluir que los incrementos podrían ser tan altos como 4.3°C o tan bajos como 0.5°C hacia finales de siglo.

2.5.3 Escenarios de precipitación proyectados para México

En el caso de la precipitación acumulada anual, el ensamble de proyecciones indica que las lluvias disminuirán en gran parte del país hacia mediados y finales del presente siglo. Destaca la magnitud de los cambios negativos porcentuales proyectada para el noroeste de México, en la parte alta del Golfo de California. Dicha proyección coincide con uno de los planteamientos del PICC (2007) que sugiere que “lloverá menos donde llueve poco, y más donde llueve mucho”. Los decrementos en lluvia proyectados son menores si se considera un escenario de bajas emisiones de GEI como el A1B, e incluso se vuelven positivos en algunas

regiones bajo el escenario B1. En todo caso, los cambios en precipitación son siempre menores a la magnitud de la variabilidad interanual e interdecadal del clima.

Sin embargo, aún con pequeños cambios en la precipitación promedio anual, la disponibilidad de agua sería menor por los aumentos esperados de temperatura. Los principales resultados para variación de la precipitación bajo el escenario A2 indican lo siguiente:

- › Para el horizonte del 2020, se proyectan reducciones de precipitación del orden de -5% en el centro-norte y sur-sureste del país; y entre -5% y -10% para el centro y noroeste. Es en esta última región donde se espera disminución de hasta 30% hacia finales de siglo. Por otra parte existe una región en el norte que presentaría incrementos de 5%. La dispersión entre experimentos es muy amplia, reflejo de la gran incertidumbre en las proyecciones de lluvia. Un mayor número de experimentos apunta a disminuciones de precipitación.
- › Para el horizonte del 2050, se esperan reducciones promedio de precipitación del orden de -5% en el centro-norte y sur-sureste del país; entre -5% y -10% para el centro, noroeste y Península de Yucatán.
- › Para el horizonte del 2080, la precipitación muestra un patrón similar al de las dos climatologías anteriores, pero intensificado.

La precipitación promedio anual podría disminuir para todo el país en orden de 11% (SEMARNAT-SHCP 2009). En general, los resultados muestran una gran dispersión en la precipitación, en términos de la variación porcentual. Se destaca que bajo el escenario A2, los Estados del norte muestran una disminución porcentual importante. Todas las proyecciones mensuales de los MCGs indican aumentos de temperatura para el periodo 2070- 2099, considerando el escenario A2, para el noroeste de México. En cuanto a la precipitación, algunas realizaciones proyectan aumentos y otras disminuciones en la precipitación, reflejo de una mayor incertidumbre en las proyecciones de lluvia con respecto a las de temperatura.

2.5.4 Incertidumbre de los escenarios de cambio climático

La importancia de los escenarios de cambio climáticos radica en que es una de las primeras acciones a realizar para la evaluación de impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático de una región en particular. Los escenarios climáticos, por su naturaleza estadística y de modelación, siempre incluirán una inevitable incertidumbre¹¹. Sin embargo, la precisión de los modelos va en aumento, así como la precisión de los insumos y la resolución espacial. Por ello, representan la mejor herramienta disponible en las proyecciones del clima futuro.

No obstante, existe un elemento clave, ampliamente citado, con relación al fenómeno del cambio climático llamado incertidumbre, específicamente de los impactos potenciales del cambio climático cuyas causas no necesariamente son atribuibles al comportamiento humano. De acuerdo con Magaña y colaboradores (2009), existen tres fuentes fundamentales de incertidumbre en los escenarios de cambio climático que deben ser considerados en los escenarios de cambio climático:

- › Las incertidumbres en las emisiones futuras de gases de efecto invernadero, que afectan el forzamiento radiativo del sistema climático y con ello la magnitud del calentamiento global.
- › La incertidumbre en la sensibilidad global del clima y los cambios de patrones de circulación a escala regional que simulan los modelos del clima.
- › La variabilidad natural del sistema climático, que en gran medida es el resultado de inestabilidades propias o forzamientos externos, como los que resultan de la actividad volcánica o de la actividad solar.

De acuerdo con Vélez (2001) existe otra fuente de incertidumbre inherente al comportamiento de las sociedades como son:

¹¹ El principio de incertidumbre de Heisenberg (1927) establece que hay un límite en la precisión con el cual es posible determinar al mismo tiempo la posición exacta y el momento de una partícula (lugar y tiempo).

- › Inexistencia de datos históricos directamente relacionados con las alternativas que se estudian.
- › Poca disponibilidad baja confiabilidad de los datos con que se cuenta.
- › Sesgos en el cálculo de datos o de eventos posibles.
- › Cambios en la economía, tanto nacional como mundial.
- › Cambios en políticas de países que en forma directa o indirecta afectan el entorno económico local.
- › Análisis e interpretaciones erróneas de la información disponible.
- › Obsolescencia.
- › Situación política.

2.6 Los costos del cambio climático en México

La estimación de los costos potenciales de cambio climático en la economía ha sido, desde hace décadas, un tema de constante investigación y debate. Una de las principales motivaciones de tales estudios es promover la toma eficiente de decisiones sobre la conveniencia de aplicar políticas de mitigación y adaptación. Uno de los estudios más importantes en el tema es el Informe Stern, en el cual se estima que los impactos potenciales de cambio climático representarán pérdidas en el producto interno bruto (PIB) mundial de entre 5 y 20% anual todos los años, desde ahora y para siempre si no se toman acciones de mitigación y adaptación al cambio climático (Stern, 2006; 2007).

Para el caso de México, en el documento "La economía del cambio climático en México" se estima que los impactos de cambio climático acumulados desde ahora hasta el 2100 representarían alrededor de 7.68% del PIB actual del país (Galindo, 2010). Las estimaciones obtenidas utilizando el modelo de evaluación integrada del Centro de Ciencias de la Atmósfera muestran que los impactos potenciales de cambio climático para México acumulados hasta el 2100 podrían ser considerablemente mayores, representando alrededor de 20 veces el PIB actual de México (Gay et al., 2010).

La teoría del cambio climático estipula que las alteraciones en la composición de la atmósfera son resultado de las emisiones de dióxido de

carbono y otros GEI, acumulados en la atmósfera en los últimos cien años, asociados al crecimiento poblacional y al desarrollo industrial, lo cual ha provocado el fenómeno del cambio climático (Duarte et al., 2006; Gay et al., 2010).

La evidencia científica, así como la urgencia que representa la atención del problema del cambio climático, justifican que la aplicación de acciones se enfoque a un manejo integral de la información y conocimiento local, que permitan mitigar, registrar, sistematizar y adaptar las actividades presentes y futuras ante este fenómeno, donde actuar a tiempo y con políticas adecuadas, hará que los costos sean menores, de lo contrario, resultaría en costos humanos y materiales (Galindo, 2010).

No obstante, el cambio climático global se percibe y distingue de diferentes maneras en cada región del planeta, no en todas partes será negativa, algunas de ellas serán favorables, sin embargo, el IPCC , menciona que un incremento de la temperatura global mayor a 2°C traerá graves consecuencias en un contexto global. Por ello, se debe establecer en el ámbito local, los correspondientes criterios de mitigación y de adaptación (IPCC, 2007).

En las últimas década ha aumentado el número de eventos extremos, así como el costo de los daños, sin embargo las pérdidas económicas han crecido más que las pérdidas humanas (Karl, 1999). Las aseguradoras han reportado un incremento en los costos resultantes de eventos extremos desde 1970, en parte debido a los cambios recientes en la frecuencia e intensidad de algunos tipos de eventos extremos (Beniston 2004).

Para el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), en México el 90% del total de las pérdidas económicas se deben a la incidencia de fenómenos hidrometeorológicos (lluvias intensas, heladas, granizadas y sequías principalmente), mientras que los químico-sanitarios, 6% y geológicos muestran 4%, en promedio. CENAPRED (2010) estimó el valor las pérdidas durante los últimos 10 años, en \$158.61 mmdp, derivado exclusivamente de los desastres del tipo hidrometeorológicos, de los cuales, para las áreas de cultivo fueron más de 2.32 millones de hectáreas por sequías y 2.44 millones de hectáreas por lluvias,

ciclones, granizadas, etc., con la pérdida de casi 2000 vidas y una población afectada del 12,875,800 habitantes (CENAPRED, 2010).

En Michoacán, han ocurrido eventos climáticos extremos que han demostrado que el Estado es potencialmente vulnerable a la variabilidad climática, como se evidenció en el año 2010 en las comunidades de Áporo, Tuxpan, Angangueo, Ocampo, Tuzantla, Tiquicheo, Zitácuaro e Hidalgo; mismas que sufrieron el golpe de un fenómeno atípico que provocó graves pérdidas humanas y materiales. En este sentido, una de las supuestas en torno a la intensificación y frecuencia de los eventos climatológicos, es que al añadir más energía térmica al sistema, la frecuencia e intensidad de los eventos extremos se incrementa, lo cual es potencialmente probable en sistemas con una atmósfera más cálida (Houghton, 1997).

2.7 Impactos proyectados del Cambio climático

Los reportes científicos y técnicos del cambio climático y sus impactos, en su totalidad, han sido realizadas por el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés). La Primera Evaluación del panel de expertos, fue publicada en 1990, misma que proporcionó una base científica y técnica para la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC) que se abrió a la firma en la Cumbre para la Tierra, en Río, en 1992.

A partir del primer reporte del IPCC en 1990, se siguieron realizando diversos trabajos que han demostrado que cambio climático global afectará el funcionamiento de muchos ecosistemas y de las especies que los integran con impactos sobre la salud humana. Al principio, el cambio climático puede llegar a ser beneficioso para algunas zonas, como es la reducción del pico invernal de mortalidad por inviernos más suaves en los países templados, no obstante, las repercusiones serán, en general, adversas y afectarán de forma desproporcionada a las poblaciones vulnerables¹², (OMS, 2008).

¹² La Organización Mundial de la Salud determina como población vulnerable a: niños, adultos mayores con padecimientos de base, de bajo nivel socioeconómico y poblaciones aisladas.

La tabla 2 muestra las proyecciones del IPCC de los posibles impactos del cambio climático para los años 2020, 2050 y 2080 bajo los escenarios del aumento de la temperatura global de 1, 2, 3 y 4 grados centígrados.

Tabla 2. Impactos del cambio climático proyectados por el IPCC (2007)

Año (proyecciones)	Aumento de temperatura	Cambios en el ecosistema
2020	1°	Entre el 20 y el 40% de las especies conocidas se verán amenazadas por peligro de extinción. La mayoría de los corales estarán blanqueados. Ondas de calor, inundaciones y sequías aumentarán la tasa de mortalidad entre los seres humanos.
2050	2°	Los sistemas biológicos experimentarán un cambio masivo, con efectos principalmente negativos en cuanto a la biodiversidad y el abastecimiento de agua y alimentos a nivel mundial. Millones de personas viven en regiones costeras severamente amenazadas por inundaciones
2050-2080	3°	Los sistemas de salud alrededor del mundo enfrentarán un incremento en la demanda. La producción alimentaria mundial disminuirá de forma muy importante. Alrededor del 30% de las áreas pantanosas se habrá secado. Los eventos climáticos extremos aumentarán en frecuencia e intensidad
2080	4°	Más del 40% de las especies vegetales y animales se habrán extinguido. El producto interno bruto disminuirá en aproximadamente 5%. Debido al deshielo parcial de las capas de hielo en Groenlandia y en la región Antártica el nivel del mar incrementará en 5 o 6 m para las siguientes décadas.

Fuente: IPCC (2014).

2.7.1 Impactos del cambio climático en la salud

Los impactos del cambio climático en la salud humana se manifiestan de manera directa, como resultado de la intensificación de los fenómenos meteorológicos extremos, al producir pérdidas de vidas y lesiones de distinta naturaleza y severidad, emergencia o por enfermedades no controladas, el desarrollo de nuevas enfermedades, y el incremento en la incidencia y prevalencia de enfermedades transmitidas por vectores, donde la sequía, proporciona las condiciones óptimas para la proliferación de enfermedades, tales como, dengue, chikungunya, cólera, enfermedades infecciosas. (Juan, 2010).

Respecto a los daños en la salud en las ciudades, existen evidencias de agravios por la exposición al O₃ en niños y adultos mayores, como resultado de la

alta estacionalidad anual de este contaminante con valores más altos en los meses cálidos y su patrón diario con picos importantes durante las horas de irradiación solar, es probable que el incremento de la temperatura aumente su producción y por ende sus efectos en la salud (Riojas et al., 2010).

Se prevé que el calentamiento mundial conllevará amenazas directas para la salud al provocar mayor número de inundaciones, sequías e incendios, con la consiguiente perturbación de los sistemas de suministro de agua y alimentos y de servicios médicos y de otro tipo. Las mayores temperaturas cambiarán la distribución de diversas enfermedades infecciosas transmitidas por vectores o por los alimentos o relacionadas con el agua y aumentarán su incidencia. El deterioro de la calidad del aire, en particular como consecuencia de la contaminación por ozono, aumenta la prevalencia del asma y las infecciones respiratorias, el número de ingresos hospitalarios y los días de baja laboral y escolar (tabla 3).

El aumento en la demanda de combustibles fósiles para cubrir la creciente demanda de energía tenderá a aumentar el número de casos de esas enfermedades relacionadas con la contaminación del aire y las defunciones prematuras por todas las causas y a todas las edades. La mayor frecuencia e intensidad de las olas de calor aumentarán la mortalidad y la incidencia de casos de estrés calórico y golpes de calor.

Tabla 3. Afectaciones en la salud ocasionados por los efectos del cambio climático

Consecuencias del cambio climático	Efectos en el ecosistema	Afectaciones en la salud
Eventos climáticos extremos	Aumento en la frecuencia, duración e intensidad de las olas de calor	Incremento de la mortalidad ligada al calor, sobre todo cardiovascular y respiratoria. De forma especial en personas mayores, enfermas y debilitadas
	Posibilidad de picos de frío significativos	Incremento de la mortalidad ligada al frío, cardiovascular y respiratoria. Sobre todo en personas mayores, enfermas y debilitadas, también niños y jóvenes
	Sequías más frecuentes	Incremento de enfermedades y brotes

		de transmisión hídrica
		Incremento de enfermedades y brotes alimentarios
		Mayor riesgo de incendios forestales (problemas respiratorios y cardiovasculares)
		Problemas en la productividad agrícola: aumento de precios o insuficiencia de alimentos básicos en casos extremos
		Impacto en la salud mental.
	Tendencia a aumentar los episodios torrenciales y las consiguientes inundaciones	Efectos directos: ahogamientos, lesiones, diarreas, enfermedades transmitidas por vectores, infecciones respiratorias, de la piel y los ojos, problemas de salud mental
		Daños en los sistemas de abastecimiento (alteración de la calidad del agua de consumo) y saneamiento de agua, en los cultivos, en las viviendas, alteración en las condiciones de vida y de movilidad de la población
		Daños en los equipamientos y dotaciones del sistema sanitario asistencial
Agua y Alimentos	Contaminación del agua de abastecimiento y de la empleada con fines recreativos.	Incremento de enfermedades y brotes estacionales de transmisión hídrica.
	Reducción de las aportaciones hídricas netas y aumento de la demanda.	Aumento de la exposición a contaminantes biológicos y químicos.
	Impacto en la distribución, estacionalidad y transmisión de enfermedades de origen alimentario.	Incremento de enfermedades de origen alimentario
	Incremento en el transporte y diseminación de agentes patógenos humanos desde áreas continentales hacia las áreas costeras y estuarios (derivados de tormentas e inundaciones).	Contaminación de productos marinos por toxinas y patógenos marinos y por contaminación humana o animal). -Intoxicaciones relacionadas con la conservación de diferentes productos marinos.
	Cambios en las variables ambientales y oceanográficas (temperatura y salinidad).	
	Afloramiento de algas tóxicas y bioacumulación en productos marinos de consumo humano	
Vectores	Modificaciones en la capacidad	Modificaciones en la incidencia y

	vectorial.	distribución de las enfermedades de transmisión vectorial.
	Aparición de potenciales focos de cría (tras precipitaciones extremas).	
Contaminación atmosférica	Mayor concentración de algunos contaminantes en el aire ambiente. Las partículas en suspensión y el ozono, son los que podrían tener una mayor significación.	Incremento en ingresos hospitalarios: enfermedades respiratorias, enfermedades cardiovasculares * Aumento de la mortalidad *
Polen	Incremento en la producción de polen y esporas de hongos.	Exacerbación de enfermedades alérgicas respiratorias como rinitis alérgica y asma.
	Estaciones polínicas más largas.	
	Posibles cambios en la distribución geográfica de especies productoras de polen alergénico.	
Radiaciones UV	Aumento en la exposición a radiación UV.	Cánceres y enfermedades de la piel, cataratas, daños oftalmológicos.
		Efectos inmunológicos.

Fuente: COFEPRIS (2016)

El impacto sanitario será desproporcionadamente mayor en las poblaciones vulnerables globalmente, las personas en mayor riesgo son los muy jóvenes, los ancianos y las personas enfermas. Los países de ingresos bajos y las zonas caracterizadas por una desnutrición generalizada, una educación deficiente y la precariedad de las infraestructuras son los que más dificultades tendrán para adaptarse al cambio climático y a los riesgos conexos para la salud.

No obstante, la vulnerabilidad de la población depende de la geografía; es mayor en las zonas de alta endemicidad de enfermedades sensibles al clima, estrés por escasez de agua, baja producción de alimentos y aislamiento de las poblaciones. Las poblaciones que se consideran en mayor riesgo son las que viven en pequeños Estados insulares en desarrollo, regiones montañosas, zonas con escasez de agua, en las grandes ciudades y en regiones costeras de los países en desarrollo (sobre todo en las grandes aglomeraciones urbanas de los deltas fluviales asiáticos), así como la población pobre y las personas no cubiertas por los servicios de salud. Un motivo especial de preocupación es el hecho de que algunos países africanos presentan una alta carga de enfermedades sensibles al clima y una escasa capacidad de salud pública para responder a ella; los efectos

del cambio climático en el desarrollo socioeconómico minarán seriamente la salud y el bienestar de la población de esos países (IPCC, 2014).

En México, la proliferación de enfermedades propagadas por vectores portadores de enfermedades como mosquitos y garrapatas, representa una de las principales amenazas a la salud de la población, ocasionados por los cambios en los hábitats y las condiciones climáticas que favorecen la reproducción de los vectores, a los hospederos donde viven y a los movimientos y crecimiento de la población humana (OMS 2014).

En la actualidad, existen diversas investigaciones que demuestran una correlación directa entre el aumento de la temperatura y la proliferación de insectos vectores de enfermedades como el dengue y la chikungunya por la idoneidad que representan los largos períodos de sequías para la reproducción y distribución de los insectos infectados con el virus (Fischer et al., 2014; Medlock & Leach, 2015). El IPCC (2014), en su Quinto Informe (2014) enfatiza en que existe una serie de enfermedades infecciosas vectoriales que podrían ser exacerbados por el cambio climático sobre todo en los países tropicales donde la temperatura ha registrado un aumento en las últimas décadas.

Pech y colaboradores (2016) realizaron un estudio en México para documentar la genética poblacional y el nicho ecológico de *Aedes albopictus*¹³ y realizaron una proyección de sobre la distribución geográfica esperada en 2050 y 2070 usando un modelo de nicho ecológico (ENM por sus siglas en inglés), y observaron un aumento general del 75.5% de la actualidad y, hasta 2070 sobre la distribución de la especie. Las proyecciones mostraron que la distribución se mantuvo relativamente constante a lo largo de 2050 en la región Neotropical (Chiapas, Chihuahua, Guerrero, Michoacán, Nuevo León, Oaxaca, Península de Yucatán, Puebla, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz, San Luis Potosí y Sinaloa). El cambio general de 2070 estaba en la región Neártica (Coahuila, Sonora, Baja California Norte, y Baja California Sur). La altitud media del modelo aumentó 73 metros (hasta 561 msnm) en 2050. Ante estos escenario, lo que se prevé es que

¹³ *Aedes albopictus* y *Aedes aegypti* son las principales especies de mosquito que portan el virus del chikungunya, dengue y zika en México.

el aumento de la temperatura amplíe el rango de distribución de los mosquitos del dengue la chikungunya y el zika tanto altitudinal como latitudinalmente.

2.7.2 Impactos sobre el agua y la biodiversidad

Se considera que el sector hídrico es uno de los más vulnerables al cambio climático; los aumentos en evapotranspiración, resultado del calentamiento del planeta, reducirán la disponibilidad de agua a la vez que serán mayores las demandas por el recurso. Dicha condición tenderá a afectar principalmente a los más pobres y es predecible que resulte en graves conflictos sociales. Por un lado, el aumento de las temperaturas y de la intensidad en la precipitación, así como los cambios en el ciclo hidrológico en general, exacerban muchas formas de contaminación del agua, lo que impacta en los ecosistemas, la salud humana, la fiabilidad de los sistemas hídricos y los costos de operación (Martínez y Aguilar 2008).

Por otro lado, en condiciones de sequía severa, las prácticas agrícolas inadecuadas (manejo deficiente del agua combinado con deforestación, erosión del suelo y uso excesivo de agroquímicos) reducirán la calidad y la cantidad del agua superficial y los mantos freáticos. De esta forma, se puede decir que el cambio climático agravará la disponibilidad y calidad del recurso, la vulnerabilidad a la contaminación, la demanda y la competencia entre sectores. La naturaleza árida de algunos estados del centro y norte del país provocará una presión constante sobre la disponibilidad de agua; las sequías causadas por ondas de calor inusuales tendrán impactos sustanciales en la economía y en el medio ambiente. La irrigación no es económicamente viable en algunas regiones, lo que incrementará la vulnerabilidad agrícola a la sequía (Few y Cols., 2006).

El cambio climático incrementará la pérdida de biodiversidad y con ello la disminución en muchos de los servicios ecosistémicos, lo cual repercutirá en los sistemas productivos. La primera evaluación exhaustiva del riesgo de extinción por el calentamiento global reveló que más de un millón de especies animales y vegetales podrían estar destinadas a la extinción para el año 2050 y algunos ecosistemas como los de montaña y manglares, probablemente desaparezcan

debido a los nuevos climas locales más cálidos o la elevación del nivel del mar en la costa. Los efectos en la biodiversidad pudieran tener repercusión en la seguridad alimentaria, así como reducir el número de especies de valor farmacéutico o cultural (por ejemplo, especies de importancia etnobotánica) (Moreno y Urbina 2008).

2.7.3 Impactos en la economía

Además de las afectaciones sociales, el cambio climático podría resultar en cambios determinantes en la economía mexicana. Las consecuencias económicas del cambio climático para México variarán de una región a otra. En el corto plazo, algunas comunidades podrían experimentar algunas ganancias, sin embargo, a largo plazo los efectos negativos probablemente sobrepasarán a los positivos. Se calcula que para el 2100, el costo del cambio climático podría fluctuar entre el 6 y 30% del PIB, siendo las comunidades rurales las más afectadas (Galindo, 2009).

Los impactos del cambio climático también pueden verse reflejadas en las desigualdades actuales entre personas, reduciendo su consumo a medida que se empobrecen, reestructurando la distribución de recursos, creando nuevas dinámicas de ganadores y perdedores, y haciendo que los retos actuales respecto a la pobreza y la gobernanza sean más difíciles de abordar. Otros estudios muestran un impacto significativo de los desastres naturales, especialmente inundaciones y sequías, lo cual reduce el Índice de Desarrollo Humano (IDH) y aumenta los niveles de pobreza en México. El impacto del IDH es similar a un retroceso de 2 años en el desarrollo para las áreas afectadas.

Es más probable que los impactos económicos del cambio climático se sientan en términos de escasez de bienes y servicios, y en las implicaciones adversas sobre la energía, el transporte y la infraestructura. La agricultura y la industria también son dependientes de los servicios ecosistémicos, los cuales se calcula que disminuirán durante los próximos veinte años, encareciendo la producción y la manufactura.

2.8 Conceptualización teórica de la vulnerabilidad y el riesgo

2.8.1 La vulnerabilidad y sus definiciones

Por definición, el concepto de vulnerabilidad es eminentemente social (Blaikie et al., 1996; Buch & Turcios, 2003; Foschiatti, 2004; Eakin, 2005; Constantino & Dávila, 2011); es el estado de realidad que subyace el concepto de riesgo, refleja susceptibilidad¹⁴ lo cual determina las condiciones que favorecen o facilitan que haya daño frente a una amenaza (Cardona, 2001).

Para Lovell (2001), la vulnerabilidad es sinónimo de debilidad o fragilidad, y por lo tanto, la antítesis de capacidad y fortaleza. Sin bien es cierto que existen comunidades que han adquirido experiencia para adaptarse a las condiciones de cambio climático y han mejorado sus capacidades para reducir sus vulnerabilidades a través de medidas concretas, queda claro que no existen soluciones generalizadas que apliquen para todos los ámbitos debido a que siempre van a existir situaciones que desencadenen nuevas amenazas.

Wilches-Chaux (1993), define la vulnerabilidad como *"la incapacidad de una comunidad para absorber, mediante el autoajuste, los efectos de un determinado cambio en su medio ambiente, o sea su inflexibilidad o incapacidad para adaptarse a ese cambio."*; la vulnerabilidad en sí misma constituye un sistema dinámico, es decir, surge como consecuencia de la interacción de una serie de factores y características (internas y externas) que convergen en una comunidad particular a la cual le llama vulnerabilidad global.

Es decir, el hecho de que un evento o fenómeno climático se considere o no riesgoso dependerá de que el lugar en donde se manifieste esté ocupado por una población vulnerable al mismo; que se considere o no amenaza, dependerá del grado de probabilidad de su ocurrencia en esa población; y que se convierta o no en desastre, dependerá de la magnitud real con que efectivamente se manifieste el fenómeno, y del nivel de vulnerabilidad de la comunidad, es decir, los desastres constituyen fenómenos sociales (Wilches-Chaux, 1993).

¹⁴ La susceptibilidad corresponde a la predisposición intrínseca a ser afectado.

Constantino y Dávila (2011) hacen énfasis en la vulnerabilidad como una condición social que determina la incapacidad para resistir los impactos provocados por disturbios de origen natural, en particular los eventos hidrometeorológicos relacionados con el cambio climático desde una perspectiva preventiva, frente a previsibles escenarios de creciente intensidad en los eventos naturales más frecuentes. Sin embargo, los estudios de vulnerabilidad pueden ser enfocados hacia un determinado estresor, por ejemplo: la elevación del nivel del mar, la sequía, las tormentas tropicales o los impactos del cambio climático como tal (Barr et al., 2010).

La vulnerabilidad, según la definición del IPCC (2001), puede entenderse como el grado en que un sistema natural o social es capaz o incapaz de afrontar los efectos negativos del cambio climático, incluso la variabilidad climática y los episodios extremos, es decir, la vulnerabilidad está en función del carácter, la magnitud y el índice de variación climática a que está expuesto un sistema, su sensibilidad y su capacidad de adaptación. El Banco Mundial (2013) utilizan el término resiliencia con un significado parecido al de la capacidad adaptativa: facilidad y rapidez del sistema para recuperarse del estrés.

Existe una compleja interacción entre el elemento externo y la capacidad interna de la comunidad que determina su vulnerabilidad. La capacidad interna de la comunidad hace referencia a las infraestructuras (viviendas, servicios básicos, drenaje, etc.), sistemas de alerta y de información así como de rehabilitación de servicios básicos (agua potable, energía eléctrica) y a los seguros por daños materiales donde el resultado final es un menor número de víctimas en las comunidades menos sensibles que tengan menor vulnerabilidad y sean más resilientes. En este sentido, la vulnerabilidad al igual que el riesgo, se puede incrementar a través de eventos acumulativos o cuando presiones múltiples disminuyen la capacidad del sistema humano o natural para resistir o adaptarse al cambio (Gómez, 2001).

El Programa Mundial de Alimentos considera dos componentes principales de la vulnerabilidad: por un lado a la exposición a factores de riesgo (sequías,

conflictos o fluctuaciones de precios extremas) y por el otro, los procesos socio-económicos subyacentes que reducen la capacidad de las personas para hacer frente a los cambios (Gómez, 2001).

En conclusión, la vulnerabilidad puede relacionarse con dos variables: la ubicación geográfica, y los aspectos socioeconómicos de un área determinada. Ciertos grupos de la población pueden ser más vulnerables a algunos peligros a causa de inmovilidad o su incapacidad para adoptar medidas de adaptación como una forma de vida, lo cual hace necesario potenciar las capacidades de los individuos y sus comunidades para disminuir los riesgos y resistir el impacto de los desastres a través de la comprensión de los fenómenos naturales, antropogénicos y la reducción de la vulnerabilidad, de tal forma que cada acción represente un cambio sustantivo en la previsión, prevención, atención y reconstrucción (SEMARNAT, 2009b).

2.8.2 Elementos de la vulnerabilidad

Exposición

La exposición se refiere al tipo y grado, o naturaleza, a la que un sistema está expuesto a variaciones climáticas significativas (IPCC, 2001).

De acuerdo con Magaña (2012), la exposición es un factor que genera vulnerabilidad, de tal manera que si no hay exposición a un fenómeno específico no existe riesgo. En la presente investigación, el concepto de riesgo hace referencia a la combinación del peligro y la vulnerabilidad, y en este sentido, un sistema es vulnerable en la medida en que esté expuesto a un peligro.

Sensibilidad

Cuando se habla de vulnerabilidad al cambio climático, la sensibilidad hace referencia al grado en que un sistema resulta afectado, positiva o negativamente, por los efectos del cambio climático. Los efectos pueden ser directos (por ejemplo, un cambio en el rendimiento de los cultivos en respuesta a una variación de la temperatura media, de los intervalos de temperaturas o de la variabilidad de la

temperatura) o indirectos (por ejemplo, daños causados por una mayor frecuencia de inundaciones costeras por haber aumentado el nivel del mar) (IPCC, 2001).

Capacidad adaptativa

Hace referencia a las capacidades, recursos e instituciones, en diferentes niveles de análisis, que permitan detonar procesos de adaptación, en acompañamiento del diseño e implementación de medidas de adaptación efectivas para la reducción de la vulnerabilidad de la población y de los ecosistemas.

En este sentido, algunos elementos, aunque no los únicos, que se derivan de la capacidad adaptativa son los referentes a la articulación de acciones, recursos financieros e instrumentos de planeación vinculados con adaptación al cambio climático, que tengan una coherencia territorial en función de las problemáticas detectadas. Asimismo, se deben de considerar las estructuras administrativas, el marco legal y las redes de cooperación y coordinación entre diversos actores.

2.9 El riesgo y sus acepciones

Una de las primeras cuestiones que surge al abordar el fenómeno del cambio climático tiene que ver con la magnitud del riesgo que representa el aumento de la temperatura media global de 2°C. Si bien, los dos grados centígrados pueden no decir mucho debido a que, las fluctuaciones diarias de temperatura (entre la temperatura máxima y la temperatura mínima) son mucho mayores entre estaciones, dentro de una misma estación y a lo largo de un mismo día, cuando se trata del aumento de la temperatura global, los 2°C toman otra dimensión, principalmente cuando se habla del ciclo biológico de las especies animales y vegetales (Moreno & Urbina, 2008).

En la actualidad, existe una amplia y creciente literatura sobre el riesgo, misma que centra su atención, principalmente, en los riesgos tecnológicos que enfrentan los países industrializados más desarrollados y la forma en que se ha experimentado e interpretado en los países menos desarrollados (Wisner et al., 2003). Una de los escritores más influyentes que han escrito sobre el riesgo en los últimos años, es el sociólogo alemán Ulrich Beck, quien escribió los libros "*Risk*

Society: Toward a New Modernity? (1992)" y "*Ecological Politics in the Age of Risk* (1995). Beck, en sus obras, busca las "causas fundamentales" de la crisis ambiental, y las "causas fundamentales" de la vulnerabilidad al desastre.

El riesgo es la percepción social del peligro; es decir, es una cuestión subjetiva, porque lo que para algunos es un grave riesgo para otros es perfectamente asumible, y se requiere de un intermediario especializado para hacerlo reconocible. Las decisiones de los individuos derivan en riesgos debido a las características de la sociedad moderna, en la que las pretensiones de dominio racional de sus actos no son cumplidas, sino que en realidad las consecuencias escapan todo lo posible de dicho control instrumental (Beck, 1998).

De acuerdo con Beck, el paradigma del marxismo, dejó de representar una veta de análisis a partir de la catástrofe nuclear de Chernóbil¹⁵ en 1986 y de los problemas derivados del Cambio Climático, ya que Beck, en sus obras, plantea la democratización de los desastres globales sin distinción de clase o status social, yendo en contra de las antiguas doctrinas políticas que ponían énfasis en la benevolencia social que otorgaba la pertenencia a las clases sociales favorecidas (Posadas, 2016).

No obstante, independientemente de los efectos esperados por el cambio climático, en México existe el riesgo de ocurrencia de ciclones, sequías, inundaciones, y deslaves, además de temblores y erupciones volcánicas debido a su ubicación geográfica (Magaña & Gay, 2002); el hecho de que un fenómeno hidrometeorológico se considere o no riesgo, dependerá de que el lugar en donde se manifieste esté ocupado o no por una comunidad vulnerable al mismo. El que se considere o no amenaza, dependerá del grado de probabilidad de su ocurrencia en esa comunidad. Y el que se convierta o no en desastre, dependerá

¹⁵ El 26 de abril de 1986, sucedió la catástrofe en el reactor nuclear Vladimir Ilich Lenin, localizado a 18 kilómetros de la ciudad de Chernóbil (hoy Ucrania), mismo que liberó materiales radiactivos y tóxicos al ambiente en el territorio europeo. Por causas directamente relacionadas con el accidente murieron 31 personas y 206 personas más evidenciaron síndrome agudo de irradiación (Radicella, 2007). Para Ulrich Beck, este acontecimiento marcó el recomienzo de la historia de la sociedad del riesgo mundial (Beck, 1998)

de la magnitud real con que efectivamente se manifieste el fenómeno, y del nivel de vulnerabilidad de la comunidad (Wilches-Chaux 1993).

En la actualidad mucho autores han escrito mucho sobre el riesgo y sus implicaciones entre los que se pueden mencionar Cardona (1993), Lavell (1996), Eakin (2005), Carreño (2006), Rowley y colaboradores (2007), Won-Ho y colaboradores (2015) entre otros. En las últimas décadas han habido diversos aportes desde las ciencias sociales para definir y entender de mejor manera el concepto de riesgo y su uso dando prioridad al riesgo de desastres por sismos, como son los trabajos de Cardona (2001) y Gómez (2001) para América Latina.

Históricamente, el riesgo ha sido definido como las consecuencias económicas, sociales y ambientales potenciales de eventos peligrosos que pueden ocurrir en un periodo de tiempo específico (Carreño et al., 2006). La definición más utilizada del riesgo hace referencia a la probabilidad de los impactos o las pérdidas observadas o esperadas (muertes, lesiones, propiedad, medios de subsistencia, interrupción de actividades económicas o deterioro social y ambiental), derivado de las interacciones entre las amenazas físicas/naturales, y las condiciones de vulnerabilidad (Lavell, 1996; 2011; Cardona, 2001; Magaña & Gay, 2002; Brooks, 2003; Eakin, 2005; Carreño et al., 2006; Lampis, 2013; Won-Ho et al., 2015).

Para Lavell (1996) el riesgo es una categoría compleja y su materialización (desastre) resulta de la interacción de múltiples elementos dinámicos y cambiantes como son las amenazas, los peligros, las exposiciones y las vulnerabilidades, mientras que para Lampis (2013), el riesgo corresponde al punto de cruce entre la progresión de la vulnerabilidad y la amenaza.

Magaña y Gay (2002), definen el riesgo como la posibilidad de que en un período determinado confluyan condiciones económicas, sociales o ambientales perniciosas y bajo una amenaza específica a la que las personas y sus bienes están expuestos; puede expresarse como una función dependiente de la amenaza y la vulnerabilidad, donde la amenaza corresponde a los fenómenos hidrometeorológicos que se derivan del cambio climático y que presentan una intensidad constante o en aumento, mientras que la vulnerabilidad corresponde a

una condición dinámica con o sin el estrés climático presente. En la figura 9 se esquematizan los principales elementos del riesgo presentados por el Grupo de Trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del IPCC (2014), donde la existencia del riesgo, y sus características particulares, se explica por la presencia de dos variables: la amenaza y la vulnerabilidad.

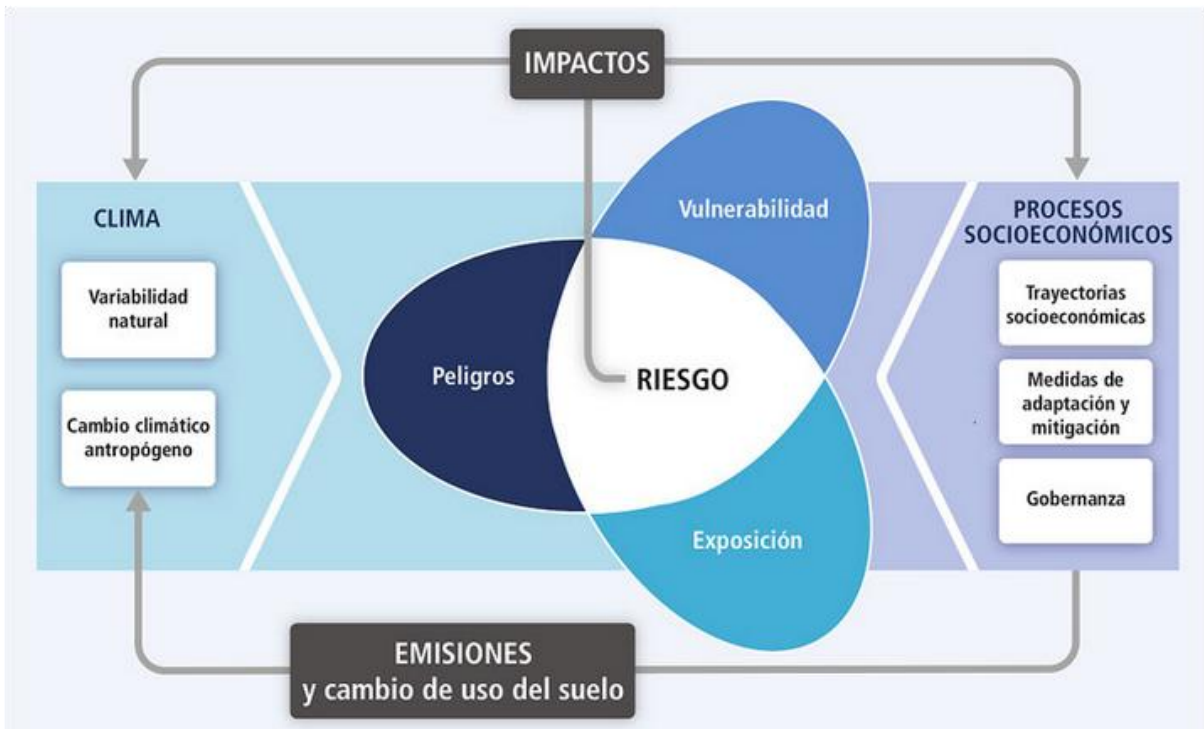


Figura 9. Elementos del riesgo
Fuente: IPCC (2014)

Más allá de las condiciones ambientales que aumentan el riesgo y el desencadenamiento de nuevas amenazas, las interacciones de los sistemas económicos y sociales han mostrado que, en muchos casos, su origen no solo está sujeto a la existencia de una amenaza natural (sismos, ciclones, huracanes, inundaciones, sequías), sino también a la intervención de procesos de orden social, económico e institucional, como la pobreza, la desigualdad social y el subdesarrollo (CEPAL, 2014).

Una de las principales contribuciones del IPCC (2014) es con respecto a la concepción del riesgo desde los impactos climáticos, las interacciones de los episodios peligrosos derivados del clima, la vulnerabilidad y la exposición de los

sistemas humanos, donde los efectos de los procesos socioeconómicos se han traducido en alteraciones del sistema climático convirtiéndose en los principales impulsores de peligros, exposición y por ende, el aumento de la vulnerabilidad.

2.9.1 La adaptación como elemento del riesgo

A lo largo de la historia, los pueblos y las sociedades se han adaptado al clima, su variabilidad y sus extremos, y los han afrontado, con diversos grados de éxito (IPCC, 2014). En los sistemas naturales todas las especies animales y vegetales se adaptan al clima, las especies que pueden moverse, migrarán lo suficientemente rápido, mientras que las especies sésiles son las que sufrirán de los embates incluso, hasta llegar a la extinción (Burton et al., 1998), no obstante, en los sistemas socioeconómicos la adaptación está determinada por los costo económico presente y futuro, equidad social, beneficios inmediatos y futuros, aceptación pública, eficiencia, viabilidad y factibilidad entre otros (Magaña, 2008).

La adaptación, como elemento del riesgo, hace referencia a un ajuste de los sistemas humanos como respuesta a cambios de las condiciones climáticas, con el objeto de reducir la vulnerabilidad social. De acuerdo con Magaña (2008), la adaptación resulta de un proceso de toma de decisiones y representa una oportunidad de mejorar a través de transformaciones en tecnología, educación, comportamiento, política pública, o infraestructura, no obstante, todos los cambios relacionados con la adaptación responden a condiciones negativas. También es posible adaptarse a oportunidades que las nuevas condiciones climáticas ofrezcan, donde los sistemas que no tengan capacidad de adaptarse serán los más vulnerables a los efectos del cambio climático (Mayorga et al., 2015).

El ajuste de los sistemas humanos hace referencia a las medidas para controlar los efectos en las vidas de los habitantes, en sus medios de subsistencia, en su salud, en los ecosistemas, en sus economías, en las sociedades que habitan, sus culturas; así como los servicios e infraestructuras de dichas áreas urbanas debido a cómo interactúan los fenómenos climáticos peligrosos, productos del cambio climático, que ocurren en un lapso específico y a la vulnerabilidad de las sociedades o los sistemas expuestos a ellos, asimismo,

deben contemplarse los impactos del cambio climático sobre los sistemas geofísicos, donde se incluyen las inundaciones, las sequías y la elevación del nivel del mar principalmente (IPCC, 2014).

Burton y colaboradores (1998), hicieron uno de los principales aportes hacia el concepto de adaptación al cambio climático, quienes definen a la adaptación como a todas aquellas respuestas al cambio climático que pueden ser utilizados para reducir vulnerabilidad, consideran factores tales como la capacidad de un sistema para hacer frente a o absorber la tensión o impactos y para regresar o recuperarse a su estado inicial. La adaptación también puede referirse a las acciones destinadas a aprovechar las nuevas oportunidades que puedan surgir como resultado del cambio climático (IPCC, 2001).

El concepto de adaptación, está estrechamente ligado al concepto de resiliencia; en los últimos años, se ha escrito sobre la resiliencia urbana y la mayoría de los autores hacen referencia a la resiliencia como la habilidad de absorber, adaptarse y responder a los cambios en el sistema urbano (Desouza y Flanery, 2013; Meerow et al., 2016); la capacidad de adaptarse o responder a eventos destructivos, o como la capacidad o habilidad general de una comunidad para soportar el estrés, sobrevivir, adaptarse y reponerse de una crisis o desastre rápidamente (Wagner y Breil, 2013).

Es decir, la adaptación es un proceso de transformación flexible que resulta de una serie de toma de decisiones y que representa una oportunidad de mejorar a través de transformaciones en tecnología, educación, comportamiento, política pública, o infraestructura; para Magaña (2008)¹⁶. El IPCC (2001) categoriza la adaptación de la siguiente manera: autónoma o planeada, realizada por actores privados o públicos, reactiva o previsiva; hace énfasis en que lo más deseable, es que la adaptación sea previsiva, en lugar de reactiva, aunque en la mayoría de los casos las medidas de adaptación suelen ser reactivas debido a que son en respuesta a un determinado fenómeno; la adaptación opera en diferentes escalas

¹⁶ El concepto de adaptación de Magaña (2008), hace referencia básicamente a dos factores: a las oportunidades que ofrezca las condiciones de cambio, y a la vulnerabilidad como condición resultante de la incapacidad de adaptación.

espaciales y sociales, y su éxito o sustentabilidad requiere ser evaluada con respecto a diferentes criterios para esas escalas (Neil et al., 2005).

La escalas espaciales que mencionan Neil y colaboradores (2005) hace referencia a la escala jurisdiccional (País, Estados, Municipios, ciudades, empresas, etc.), dentro de los límites de la disposición de tecnologías, sistemas de regulación y el conocimiento de los riesgos climáticos futuros.

La vulnerabilidad, juega un papel muy importante en el proceso de adaptación, ya que se debe conocer la sensibilidad de un sistema para ser afectado negativa o positivamente por factores climáticos, incluyendo cambios en los valores medios, en la variabilidad o en la magnitud y frecuencia de los valores extremos, es aquí donde Magaña (2008) señala que se debe tener cuidado en materia de adaptación, pues una mala adaptación conduce a una mayor vulnerabilidad, mientras que Brooks (2003) reconoce la centralidad del concepto de vulnerabilidad para la comprensión de la adaptación al cambio climático de los sistemas humano-naturales.

Otro atributo de la adaptación es que representa un componente central en materia de manejo y la reducción de riesgos, lo cual requiere de la creación y fortalecimiento de las capacidades locales y regionales y de instrumentos, instituciones y conocimientos locales; desde mi perspectiva, esos son los elementos centrales de la población para reducir los impactos, tanto de los eventos climatológicos extremos que están aconteciendo actualmente, como los que vendrán en el futuro. De acuerdo con las proyecciones del IPCC (2007), la sequía figura como la principal amenaza hidrometeorológica en la Región Tierra caliente de Michoacán.

2.10 La amenaza de sequía

Una amenaza se refiere a la posibilidad de la ocurrencia de un evento físico que puede causar algún tipo de daño a la sociedad: la vulnerabilidad hace referencia a una serie de características diferenciadas de la sociedad, o subconjuntos de la misma, que le predisponen a sufrir daños frente al impacto de un evento físico externo, y que dificultan su posterior recuperación (Lavell, 2001).

2.10.1 Conceptos y definiciones de la sequía

Existen diferentes enfoques o campos de estudio desde donde puede ser abordada la sequía, sin embargo, en la actualidad no existe una definición única que sea universalmente aceptada, aunque se reconoce que la sequía es un fenómeno natural que ocurre cuando la precipitación registrada en un período de tiempo y en una región determinada, es menor que la normal (generalmente el promedio histórico), y cuando esta deficiencia es lo suficientemente grande y prolongada como para dañar las actividades humanas y los ecosistemas (Wilhite y Glantz 1985; Campos, 1996; Wilhite, 1997; Wilhite, 2000).

Florescano y colaboradores (1980), definen la sequía como "*un fenómeno meteorológico que ocurre cuando la precipitación o el escurrimiento natural en un período es menor que su valor normal, y cuando esta deficiencia es suficientemente grande y prolongada para dañar las actividad es humanas*"; en su definición contempla a la precipitación como la variable explicativa y sus consecuencias en la población.

Campos (1991) define la sequía como un fenómeno estrictamente climático que puede ser evaluada como una anomalía de precipitación caracterizada por una deficiencia de humedad, anormal, prolongada; Campos en su definición permite derivar un sistema de análisis en el cual la severidad de la sequía es dependiente de la magnitud y duración de la deficiencia de humedad anormal y deja ver que son posibles las comparaciones en el tiempo y espacio de la intensidad de las sequías.

A diferencia de otros desastres asociados a fenómenos naturales cuyos impactos son locales y de corto plazo (como los ocasionados por tornados, huracanes o terremotos), las sequías abarcan grandes áreas geográficas, tienen un inicio lento en la naturaleza, no tienen epicentro ni trayectorias definidas, sus daños acumulativos son no estructurales, y sus consecuencias pueden prevalecer por varios años, con un efecto negativo en la calidad de vida y en el desarrollo de las poblaciones afectadas (Wilhite, 1985).

La severidad de una sequía depende no solamente del grado de reducción de la lluvia, de su duración o de su extensión geográfica, sino también de las demandas del recurso hídrico para la permanencia de los sistemas naturales y para el desarrollo de las actividades humanas, por lo anterior, se considera que la sequía es uno de los fenómenos más complejos y menos comprendidos de todos los peligros y riesgos naturales (Ortega & Velasco, 2013).

La complejidad del fenómeno propicia la creencia errónea de que después de una sequía severa, no ocurrirá otra igual o de mayores proporciones. Por ende, con frecuencia, sobre todo en los países menos desarrollados, no es usual prepararse para su ocurrencia futura, lo cual se debe en gran parte a que no disponen de los medios estructurales y no estructurales para afrontarla (Wilhite, 1993).

En México, donde la agricultura de riego y de temporal son una fuente importante de empleo y de ingreso económico, las sequías representan un alto riesgo para el sector agropecuario, principalmente, ya que propician severos desajustes a la economía regional y nacional (Ortega & Velasco, 2013), como la sequía más reciente del año 2015.

En la actualidad es posible reconocer diferentes tipos de sequía, los cuales están determinados por los tipos de impactos que trae como consecuencia el fenómeno. Así, se habla de sequía desde los puntos de vista meteorológico, agrícola e hidrológico. Por cada uno de los grandes rubros de daño, estos se clasifican en (NDMC, 2014):

Sequía meteorológica

Se caracteriza por una ausencia prolongada, un déficit marcado o una débil distribución de precipitaciones con relación a la considerada como normal, y puede producir serios desbalances hidrológicos.

Sequía agrícola

Es ocasionada por un déficit marcado y permanente de lluvia que reduce significativamente la producción agrícola con relación a la considerada como normal o a los valores esperados para una región dada.

Sequía hidrológica

Hace referencia a una deficiencia en el caudal o volumen de aguas superficiales o subterráneas (ríos, embalses, acuíferos, lagos, etc.) con respecto a los niveles considerados como normales.

Sin embargo, los diferentes tipos de sequía son consecuencia de un déficit de precipitación o de una sequía meteorológica. Cuando ésta se prolonga, sobrevienen las sequías agrícola e hidrológica, y posteriormente surgen los impactos económicos, sociales y ambientales. Las causas de la sequía meteorológica, que da inicio a los demás tipos de sequías y sus impactos, se deben principalmente a la variabilidad natural del clima, aunque se acepta en general que su origen es producto una compleja interacción entre factores de tipo natural (alteraciones en los patrones de circulación atmosférica, fenómenos como El Niño y variaciones en la actividad solar) y antropogénico (quema de combustibles fósiles, deforestación, cambios en el uso del suelo, etc.) (Delgadillo, et al., 1999).

Al fenómeno de la sequía se le conoce más por sus efectos que por sí mismo. Los impactos de primer orden que provoca se limitan en general a los de carácter físico (escasez o falta de agua) y biológico (daños en plantas y animales), mientras que los de orden superior se asocian con el daño socioeconómico, los grados de responsabilidad y los cambios o efectos a largo plazo (Ortega & Velasco, 2013).

2.10.2 Impactos de la sequía en el ecosistema

Las plantas y animales, al igual que la población humana, dependen del agua; cuando se produce una sequía, su suministro de alimentos puede reducir el tamaño y su hábitat puede ser dañado. En ocasiones el daño es temporal y su hábitat, así como el suministro de alimentos retorna a la normalidad cuando la sequía termina, pero en otras ocasiones el impacto de la sequía en ecosistema

puede durar mucho tiempo, incluso, puede llegar a ser permanente (Magaña, 2015)

Los impactos en el ecosistema: a) Pérdida o destrucción del hábitat de los peces y la vida silvestre; b) Falta de alimentos y agua para los animales de vida libre; c) Aumento en el número de enfermedades en los animales debido a la reducción de alimentos y la falta de suministros de agua; d) Migración de la fauna silvestre; e) Aumento del estrés sobre la fauna silvestre; f) Niveles más bajos de agua en los embalses, lagos y estanques; g) Pérdida de los humedales costeros; h) Mayor probabilidad de incendios forestales y erosión eólica e hídrica de los suelos, entre otros (Magaña, op.cit.).

CAPÍTULO III

CONTEXTO GENERAL DE LA REGIÓN TIERRA CALIENTE (RTC)

3.1 La regionalización de Michoacán

Históricamente, Michoacán ha sido objeto de la aplicación de una serie de regionalizaciones con base en diversos criterios, indicadores o características político-administrativas, entre los que destacan los aspectos fisicogeográficos y sociodemográficos, agrícolas, criterios económicos y de comercio, o divisiones político administrativas y turísticas (INEGI, 1980; Bassols, 1980; Escobar et al., 1996; Mercado & Palmerín, 2012).

La regionalización más reciente del estado de Michoacán corresponde a la publicada el 15 de julio de 2004, en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Michoacán de Ocampo; el Decreto de Regionalización para la Planeación y Desarrollo del Estado de Michoacán se publicó con el objetivo de establecer las regiones socioeconómicas en el marco de las cuales se ejecutarían las políticas regionales en el Estado, con el propósito de alcanzar la reversión paulatina y en el largo plazo de las desigualdades del desarrollo de las regiones, para lograr una distribución más equitativa de los beneficios del crecimiento económico y el bienestar social en el Michoacán (Periódico Oficial del Gobierno Constitucional del Estado de Michoacán de Ocampo, 2004).

El Gobierno del Estado de Michoacán, bajo el gobierno de Lázaro Cárdenas Batel regionalizó el Estado en diez regiones económicas con base en una regionalización que considera como fundamento de integración a las cuencas hidrológico-forestales, asociadas a la vocación e infraestructura de los pueblos michoacanos y a elementos de integración e identidad cultural en congruencia regional (figura 10) (Periódico Oficial del Gobierno Constitucional del Estado de Michoacán de Ocampo, op. cit.).

Los criterios para la nueva regionalización del estado de Michoacán fueron: El municipio como unidad territorial (indivisible); conformación de regiones con municipios contiguos (vecindad); cuencas hidrográficas como parámetro de integración; manchas urbanas y carreteras como expresión de la funcionalidad espacial socioeconómica y conocimiento local como elemento para discernir casos poco nítidos (CPLADE, 2005).

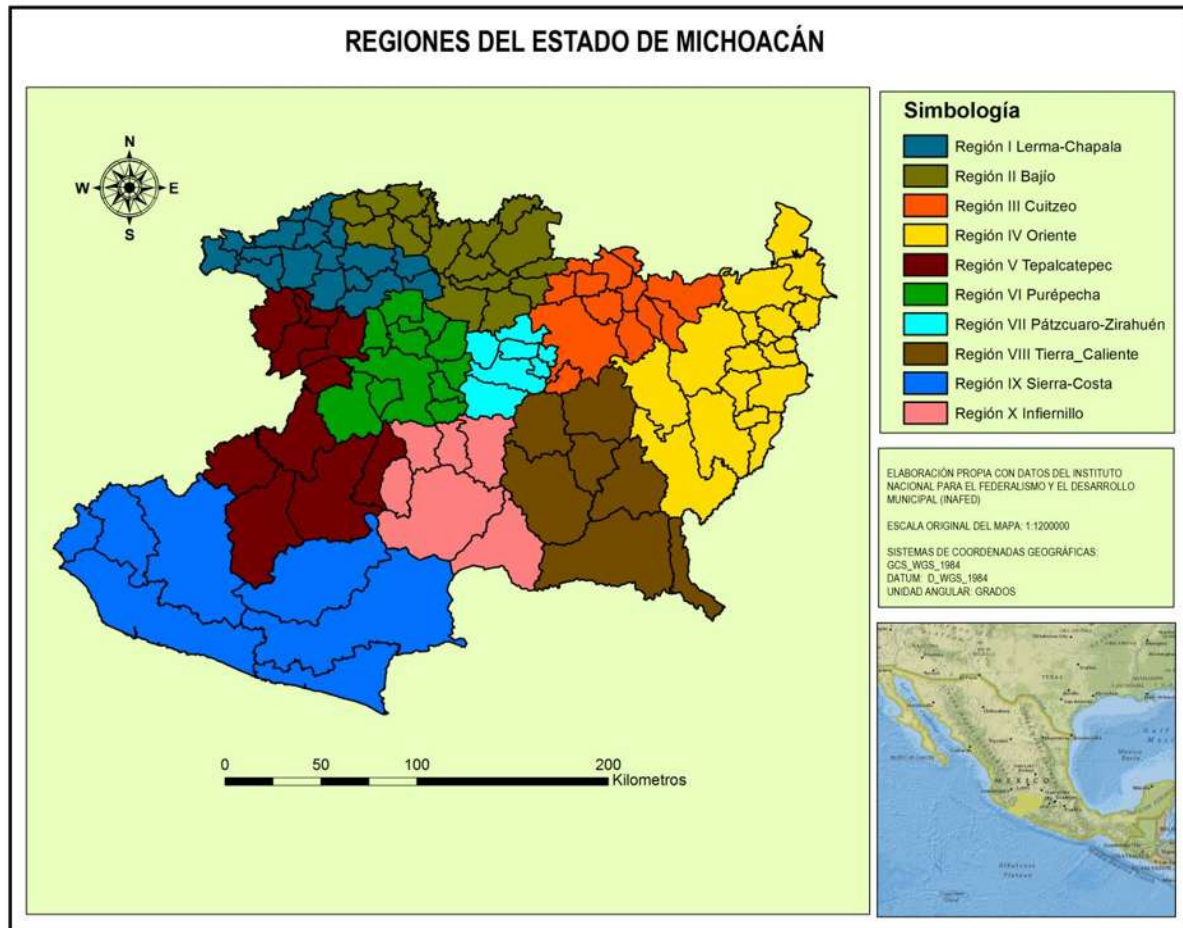


Figura 10. La diez regiones del estado de Michoacán de Ocampo
 Fuente: Elaboración propia con base en la regionalización de CPLADE (2005).

Partiendo de concebir que las regionalizaciones son procesos complejos y tienen fines específicos, en la presente investigación se optó por utilizar la regionalización realizada por el Gobierno del Estado de Michoacán (CPLADE, 2005), plasmada en la discusión para la construcción de consensos con base en información cuantitativa. En la presente investigación la RTC se concibe como un espacio físico funcional en términos de la administración pública conformado por siete municipios que comparten características físicas, demográficas, históricas, culturales, económicas climáticas y topográficas. En la presente investigación se trabajó con la regionalización mas reciente realizada por la CPLADE (2005) debido a que la información disponible a partir del año 2003 se ha presentado con base en la regionalización antes mencionada.

3.2 Ubicación geográfica de la Región Tierra Caliente

La Región VIII, Tierra Caliente, se ubica en la zona sureste del Estado de Michoacán y se localiza entre las coordenadas 18° 25' y 19° 33' Latitud Norte y entre 100° 40' y 101° 50' de Longitud Oeste, la conforman los municipios de Carácuaro, Huetamo, Madero, Nocupétaro, San Lucas, Tacámbaro y Turicato. Colinda con el estado de Guerrero al Sur, y las regiones Oriente, Cuitzeo, Pátzcuaro-Zirahuén e Infiernillo; tiene una superficie de 7,341.31 km², ocupa el cuarto lugar en superficie, lo que representa el 12.5% de la extensión del territorio estatal (figura 11).

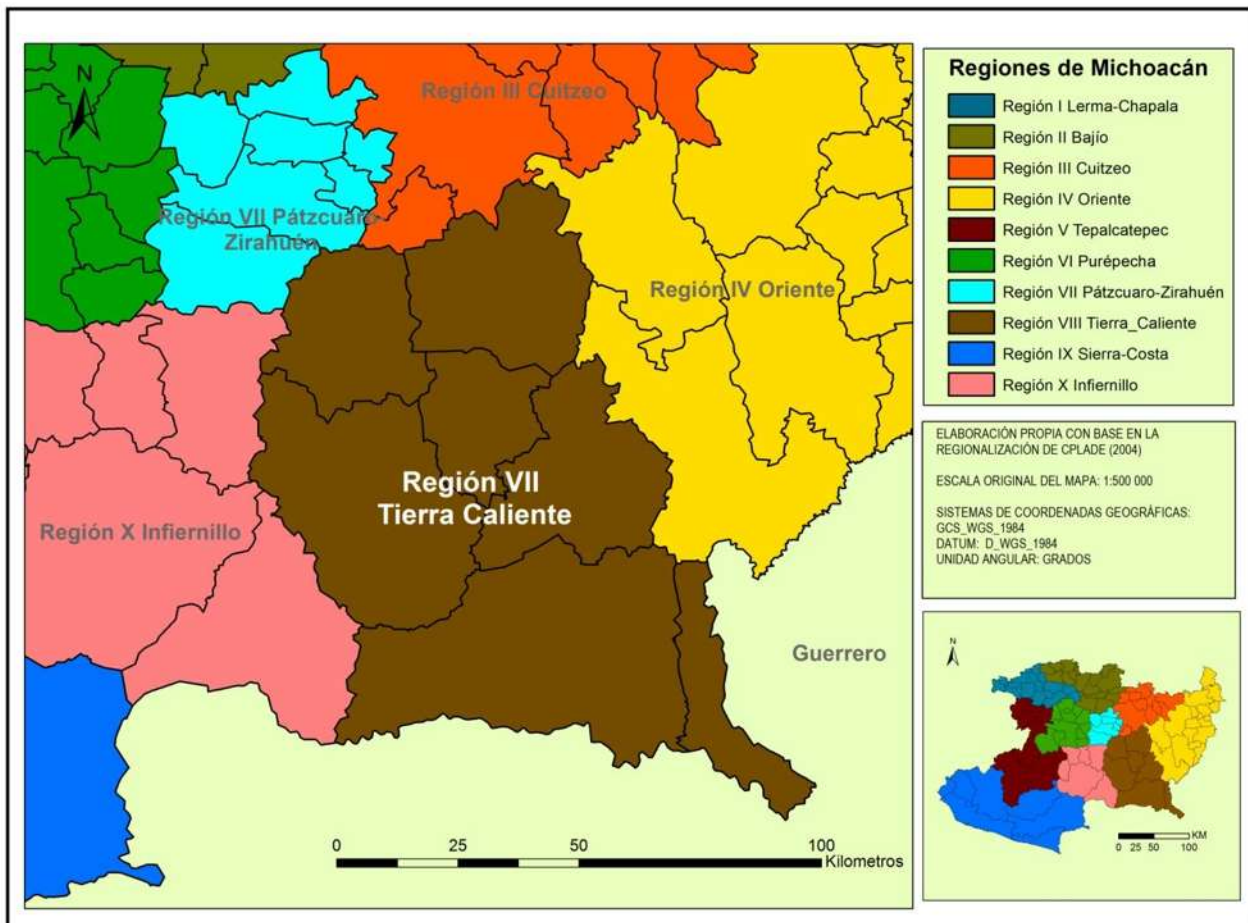


Figura 11. Región VIII Tierra Caliente

Fuente: Elaboración propia con base en la regionalización de CPLADE (2005).

3.3 Características físicas de los siete municipios de la RTC

Los municipios de Carácuaro, Huetamo, San Lucas y Nocupétaro corresponden a la parte más cálida, mientras que Tacámbaro y Madero presentan ambientes templados. La figura 12 muestra el gradiente altitudinal de los municipios de la RTC.

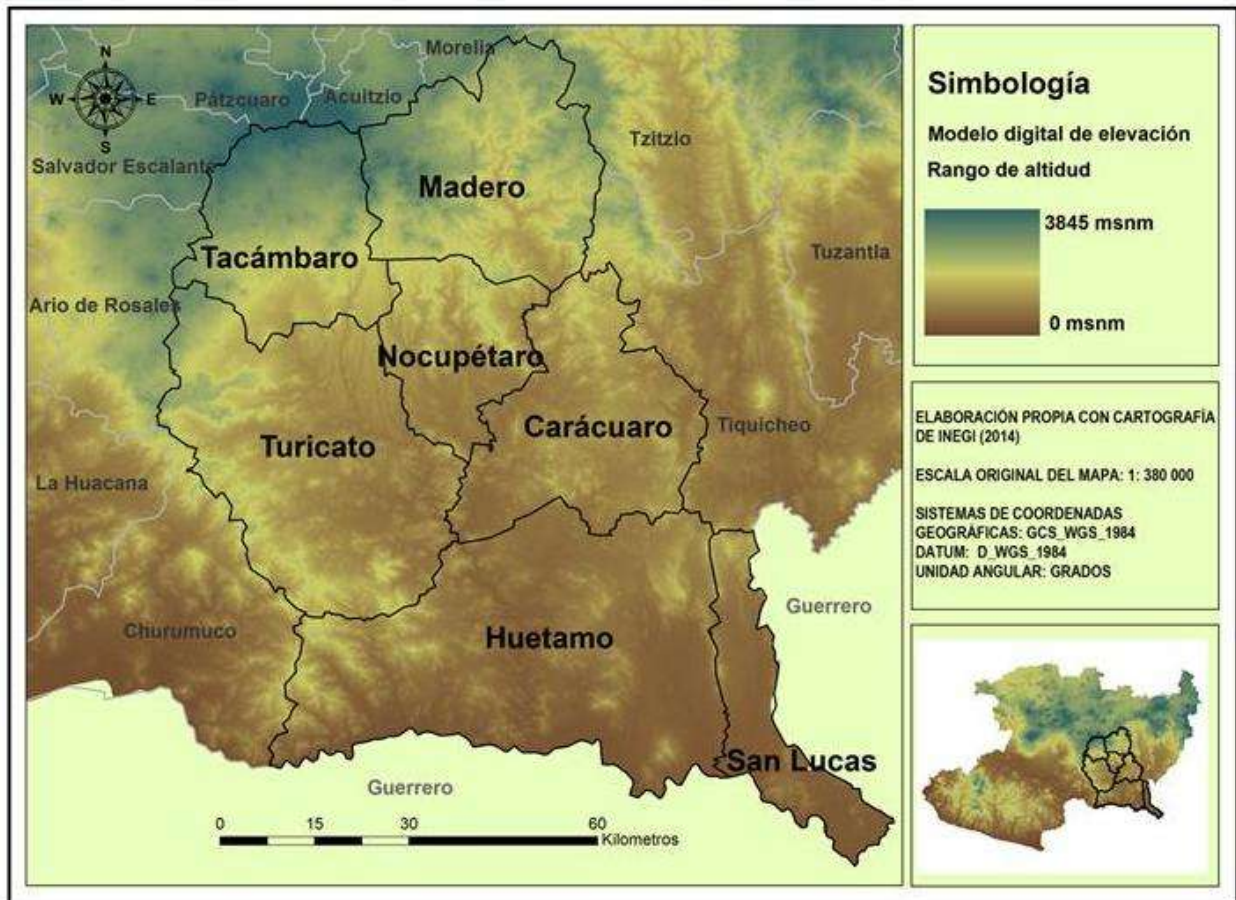


Figura 12. Municipios de la Región Tierra Caliente
Elaboración propia con cartografía de INEGI

En la Región Tierra Caliente existen importantes alturas desde los 2,900 msnm hasta una altura mínima de 200 msnm en el municipio de Huetamo como se aprecia en la figura 12. Aunque una gran parte del territorio de la RTC está formado por montañas, sierras altas complejas con lomeríos, sierras volcánicas de laderas tendidas y sierras de cumbres tendidas, también existen mesetas de aluvión y basálticas con cañadas, valles ramificados y llanuras. Es decir, la Región cuenta con una orografía accidentada, aunque con valles y llanos que le permiten contar con suelos aptos para el desarrollo de actividades agropecuarias.

Carácuaro se localiza al sureste del Estado, en las coordenadas 19°01' de latitud norte y en los 101°08' de longitud oeste, a una altura de 540 metros sobre el nivel del mar, limita al norte con Nocupétaro y Madero, al este con Tiquicheo, al sur con Huetamo y al oeste con Turicato y Nocupétaro. Su distancia a la capital del Estado es de 135 kilómetros.

Huetamo se localiza al sureste del Estado en las coordenadas 18°38' de latitud norte y 100°54' de longitud oeste, a una altura de 280 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con Carácuaro y Tiquicheo, al este con San Lucas, al sur con el Estado de Guerrero y al oeste con Churumuco y Turicato. Su distancia a la capital del Estado es de 210 kilómetros.

Madero se localiza al este del Estado, en las coordenadas 19°23' de latitud norte y 101°17' de longitud oeste, a una altura de 2,180 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con Morelia, al este con Tzitzio y Tiquicheo, al sur con Carácuaro y Nocupétaro, y al oeste con Tacámbaro y Acuitzio. Su distancia a la capital del Estado es de 50 kilómetros.

Nocupétaro se localiza al sur del Estado en las coordenadas 19°02' de latitud norte y 101°10' de longitud oeste, a una altura de 660 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con Madero, al sur con Carácuaro, y al oeste con Tacámbaro y Turicato. Su distancia a la capital del Estado es de 130 kilómetros.

San Lucas se localiza al sureste del Estado, en las coordenadas 18°35' de latitud norte y 100°47' de longitud oeste, a una altura de 300 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con Tiquicheo, al este y sur con el Estado de Guerrero, y al oeste con Huetamo. Su distancia a la capital del Estado es de 225 kilómetros.

Tacámbaro se localiza al centro del Estado en las coordenadas 19°14' de latitud norte y 101°28' de longitud oeste, a una altura de 1,640 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con Santa Clara, Huiramba y Acuitzio, al este con Madero y Nocupétaro, al sur con Turicato, y al oeste con Ario.

Turicato se localiza al sureste del Estado, en las coordenadas 19°03' de latitud norte y 101°25' de longitud oeste, a una altura de 720 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con Tacámbaro, al este con Nocupétaro y Carácuaro, al

sur con Huetamo y Churumuco, y al oeste con La Huacana y Ario de Rosales. Su distancia a la capital del Estado es de 158 Km.

3.4 Caracterización Climática

Las clasificaciones climáticas agrupan características relacionadas con las condiciones atmosféricas más importantes para entender la distribución de los seres vivos y, por otro lado, la disponibilidad o limitación de éstos como recursos naturales para el ser humano. Los elementos climáticos más estudiados son, por lo regular, la temperatura y la precipitación pluvial. A través de las clasificaciones climáticas se describe el comportamiento de estos elementos a lo largo del año, comparando unas regiones con otras. La descripción del clima de una zona o región sintetiza en forma de letras o siglas sus características más importantes (Orellana et al., 2009).

En 1965, Enriqueta García adaptó para las condiciones de México la clasificación mundial de Wilhelm Köppen; esta clasificación ha recibido el denominativo de sistema de Köppen modificado por García y ha sido usado oficialmente en el país, cuyos mapas a varias escalas han sido publicados por el actual INEGI y la CONABIO (García, 1965).

Básicamente, el sistema modificado consiste en que a la clasificación original se adicionaron algunos parámetros que son muy importantes para diferenciar los climas en México, los que se organizaron en grupos, tipos, subtipos y variantes climáticas. Los grupos climáticos originales de Köppen son los A cálidos húmedos tropicales; los B subdivididos en los subtipos BW secos desérticos y BS secos esteparios; los C templados; los D templados fríos, y los E subdivididos en los ET fríos de tundra o páramos y los EF muy fríos con nieves permanentes. Los regímenes de lluvia posibles en México son con lluvias en verano (w); abundantes todo el año (f); escasas todo el año (x'), y con lluvia en invierno (s). La combinación de grupo climático y régimen de lluvia forma los tipos de clima (García, op. cit.).

La RTC se conforma básicamente de siete tipos de clima, de acuerdo con la clasificación de Wilhelm Köppen. San Lucas es el municipio más homogéneo con

respecto a su tipo de clima, mientras que Turicato es el más heterogéneo ya que presenta cinco tipos de clima diferentes, desde el semiárido cálido, hasta el templado subhúmedo (figura 13).

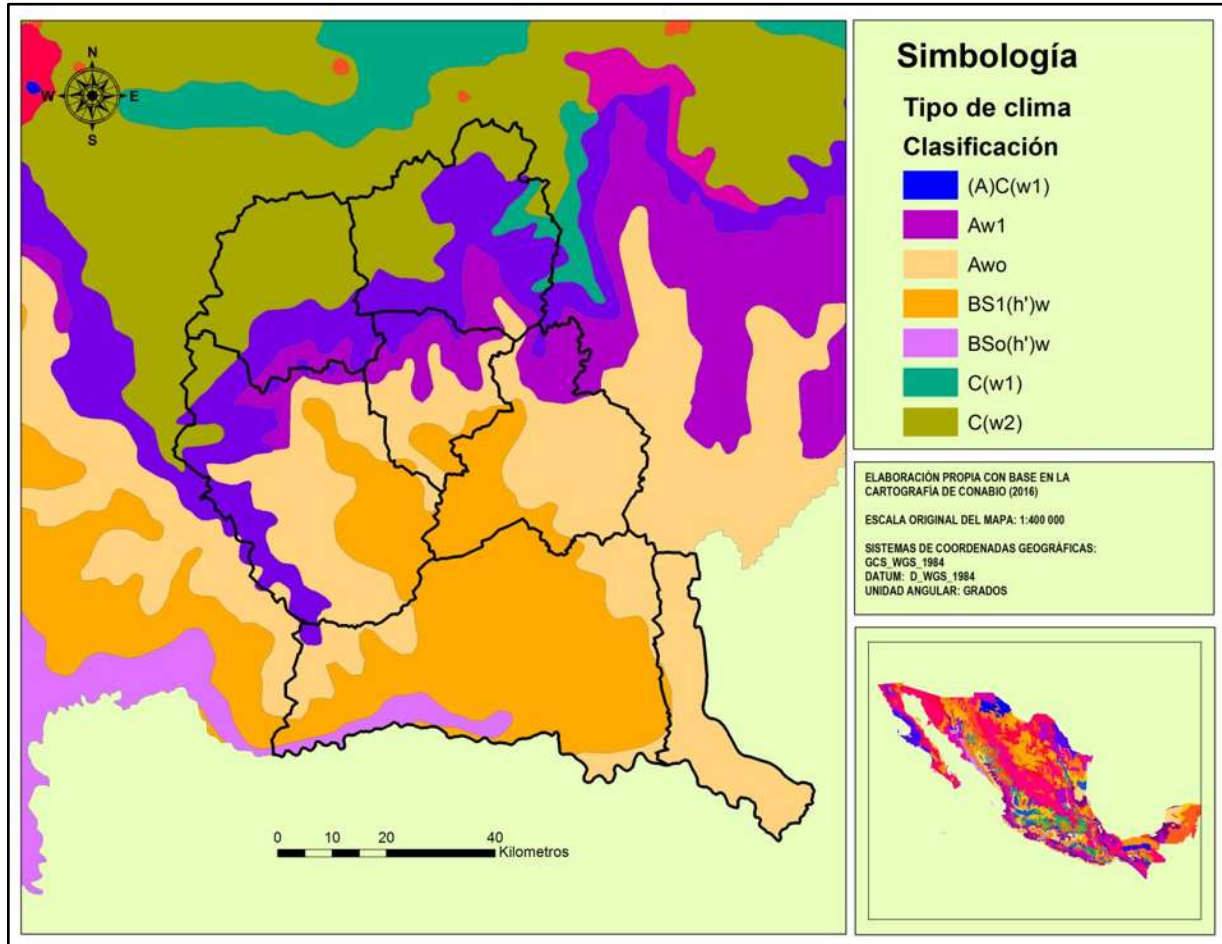


Figura 13. Mapa de los tipos de clima de la RTC

Fuente: Elaboración propia con cartografía de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

La parte sur y centro de la RTC corresponde en su mayoría a las clasificaciones climática:

- › **BS1(h)w.** Clima semiárido cálido, temperatura media anual mayor de 22 °C, temperatura del mes más frío mayor de 18 °C y lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual y al clima
- › **Awo.** Clima cálido subhúmedo, con temperatura media anual mayor de 22 °C y temperatura del mes más frío mayor de 18 °C. La precipitación del mes

más seco entre 0 y 60 mm; lluvias de verano con un índice P/T¹⁷ menor de 43.2 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual. Y una pequeña fracción de

- › **BSo(h')** Árido, cálido, temperatura media anual mayor de 22 °C, temperatura del mes más frío mayor de 18 °C. Lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.

Mientras que las partes altas de los municipios de Madero y Tacámbaro presenta los siguientes tipos de climas:

- › **Aw1.** Cálido subhúmedo, temperatura media anual mayor de 22 °C y temperatura del mes más frío mayor de 18 °C. Precipitación del mes más seco menor de 60 mm; lluvias de verano con índice P/T entre 43.2 y 55.3 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual;
- › **(A)C(w1).** Semicálido subhúmedo del grupo C, temperatura media anual mayor de 18 °C, temperatura del mes más frío menor de 18 °C, temperatura del mes más caliente mayor de 22 °C. Precipitación del mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T entre 43.2 y 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% anual;
- › **C(w2).** Templado, subhúmedo, temperatura media anual entre 12 °C y 18 °C, temperatura del mes más frío entre -3 °C y 18 °C y temperatura del mes

¹⁷ El índice P/T o índice de Lang, es un estimador de eficiencia de la precipitación en relación con la temperatura; se calcula como el cociente entre la precipitación total anual y la temperatura media anual de un lugar, o en todo caso, de una zona. Éste es considerado como un índice de humedad o aridez, según se interprete, y ha sido utilizado por muchos años. En México ha sido el fundamento inicial para las modificaciones a la clasificación climática de Köppen y adaptado a las condiciones del país, trabajo realizado por Enriqueta García en 1964 y que posteriormente se ha continuado mejorando. García agrupó los datos de sitios áridos y semiáridos del país, calculándolos por el método estadístico de cuartiles, y obtuvo como resultado un valor límite superior de 22.9. Con el mismo método logró obtener el límite inferior que separa a los semiáridos y los áridos respecto a los subhúmedos, resultando con un valor de 43.2. Mientras tanto, el límite superior de los subhúmedos del país, en particular para la península de Yucatán, por el mismo método resultó de 55.0. De esta manera, de forma resumida se describieron los límites estadísticos teóricos entre los áridos y semiáridos con 22.9; entre los más secos de los subhúmedos con 43.2, y entre subhúmedos intermedios y los más húmedos de los subhúmedos el límite de 55.3. Debido a que los valores de estos límites estadísticos tienen una resolución excelente para apreciar la potencialidad en la disponibilidad del agua en relación con la temperatura, así como con la distribución de la vegetación, con la distribución de algunas especies vegetales indicadoras y con la potencialidad para establecer ciertos cultivos, se describen los posibles escenarios dados por los contrastes de las salidas de las diferentes familias de los modelos de circulación general de la atmósfera (Orellana, et al., 2009).

más caliente bajo 22 °C. Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T mayor de 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5 al 10.2% del total anual.

- › **C(w1).** Templado subhúmedo, temperatura media anual entre 12 °C y 18 °C, temperatura del mes más frío entre -3 °C y 18 °C y temperatura del mes más caliente bajo 22 °C. Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T entre 43.2 y 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.

3.4.1 Caracterización climática de los siete municipios de la RTC

Carácuaro posee un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad (71.18%) y semiseco muy cálido y cálido (28.82%). Presenta una precipitación pluvial anual de 749.3 milímetros, con temperaturas que oscilan de 19.7 a 33.4 grados centígrados.

Nocupétaro es cálido subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad (74.97%), semiseco muy cálido y cálido (10.23%), semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (7.81%) y cálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (6.99%). Tiene una precipitación pluvial de 749.3 milímetros y temperaturas que oscilan de 19.7 a 33.3° centígrados.

Huetamo es un municipio más seco que Carácuaro y Nocupétaro, posee un clima semiseco muy cálido y cálido (59.31%), cálido subhúmedo con lluvias en verano, de menor , humedad (23.11%) y seco muy cálido y cálido (17.58%), tiene una precipitación pluvial anual de 975.5 milímetros y temperaturas que oscilan de 20.8 a 37.1° centígrados.

San Lucas presenta el 100% de su territorio cálido subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad. Tiene una precipitación pluvial anual promedio de 906.5 milímetros y temperaturas que oscilan entre 20.2 y 35.3° centígrados.

Turicato posee un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad (65.28%), semiseco muy cálido y cálido (16.92%), semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (9.57%), cálido subhúmedo

con lluvias en verano, de humedad media (2.53%), templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (2.15%), semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad (1.94%) y semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (1.61%). Tiene una precipitación pluvial anual de 849 milímetros y temperaturas que oscilan de 14.7 a 33.3° centígrados.

Madero tiene un clima semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (33.03%), templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (27.98%), semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (21.46%), cálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (12.27%) y cálido subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad (5.26%). Tiene una precipitación pluvial anual de 1,654.5 milímetros y temperaturas que oscilan de 7.5° a 23.9° centígrados.

Tacámbaro posee un clima templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (42.53%), semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (19.17%), semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (17.29%), cálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (13.92%) y cálido subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad (7.09%). Tiene una precipitación pluvial anual de 1,451.6 milímetros y temperaturas que oscilan entre 8.8 a 26.9° centígrados.

3.4.2 Uso de suelo y vegetación de la Región tierra Caliente

La Región tiene un uso de suelo principalmente agrícola, el 20.1% de la superficie total de la región. En segundo término se ubica la superficie de selva y cerca la destinada a pastizal con 15.6% y 15.1%, respectivamente. Mientras que el bosque de pino, encino y mixto, sólo ocupa el 13.2% de territorio de la Región (figura 14).

De acuerdo a la superficie destinada a la agricultura, destacan los municipios de Huetamo, Tacámbaro, Turicato y San Lucas, que en conjunto representan más del 86% de la superficie total agrícola. El pastizal se ubica principalmente en Huetamo, Turicato, Carácuaro y Nocupétaro, mientras que los bosques en Madero, Tacámbaro y Turicato. La selva baja caducifolia en

Carácuaro, Huetamo, Nocupétaro, Turicato y San Lucas. En lo referente a las actividades de uso de suelo de la Región Tierra Caliente, en cinco de los siete municipios se concentra en la agricultura de temporal, y los pastizales para el pastoreo de ganado, mientras que la producción regional forestal se concentra en Madero y Tacámbaro.

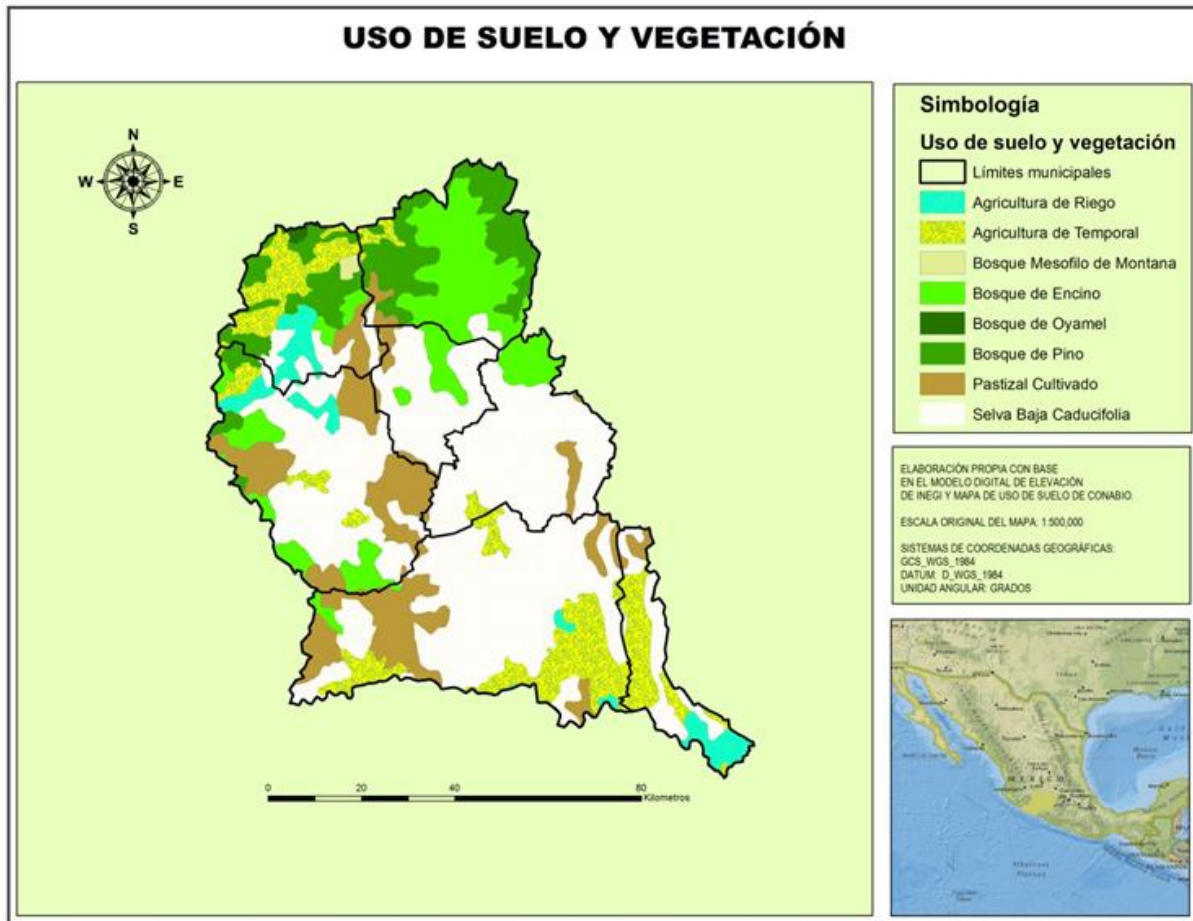


Figura 14. Mapa de uso de suelo y vegetación de la RTC
 Fuente: Elaboración propia con cartografía de CONABIO.

3.5 Caracterización Economía

La economía michoacana está conformada principalmente por los sectores comercial y de servicios, industrial (siderúrgico), agrícola y pesquero. La participación de cada uno de estos en el Producto Interno Bruto estatal es la siguiente: 42% para servicios sociales, comunales, hotelería y comercio; 15% para servicios financieros e inmobiliarios; 14% industria manufacturera, especialmente

industria metálica básica y 11% agropecuaria y pesca; otro ingreso considerable, son los correspondientes a las remesas, en el 2010 recibió por este concepto 626 millones de dólares.

Los sectores agropecuario y pesquero contribuyen en un 11% al PIB estatal y ocupan al 37% de la Población Económicamente Activa. Entre los principales cultivos y en los cuales Michoacán es líder productor en México están, el aguacate hass, la zarzamora, la guayaba y la fresa; además de 150 productos agrícolas como el trigo grano, sorgo forrajero verde, limón agrio, jitomate, cebolla y sorgo grano. Cabe mencionar que el 43% del suelo es de uso ganadero, el 27% de uso forestal y el 24% de aptitud agrícola. Desafortunadamente el Estado enfrenta serios problemas de sobrepastoreo, escasez de forraje y erosión de los pastizales.

La actividad agrícola en Michoacán, se desarrolla en 1,110,671.61 un millón 110 mil hectáreas, lo que representa el 19% de la superficie total del Estado y de ellas cerca de 443 mil hectáreas corresponden al área de riego y 666 mil a la de temporal. Los granos básicos representan el 58% de la superficie del Estado; ocupa el primer lugar en el valor de la producción agrícola, con 113 cultivos, los más importantes en cuanto al valor de la producción. Los principales productos agrícolas exportados son: aguacate (87%), zarzamora (4%), toronja (2%), limón persa (2%), mango (2%), melón (1%), limón mexicano (1%) y otros productos agrícolas (1%) (SAGARPA-SIAP, 2013).

A nivel nacional, Michoacán es el estado productor más importante de aguacate; proporciona más del 80% de la producción nacional y más de 90% de las exportaciones, su competitividad ha tenido su fundamento en las redes de distribución, la calidad del producto, los rendimientos y el precio del mismo en el mercado (Bonales & Sánchez, 2003), a la vez que el mejoramiento de los procesos de producción, distribución y calidad del fruto han sido parte de las etapas que atraviesan los productores michoacanos, quienes han sido motivados a ingresar al mercado internacional (Stanford, 2002).

La importancia económica de la RTC radica básicamente en la producción de aguacate de los municipio de Tacámbaro, Turicato y Madero, cuyo valor de la

producción representa el 66% del total de la Región, seguido melón de Huetamo y San Lucas, el maíz y la caña de azúcar (figura 15).

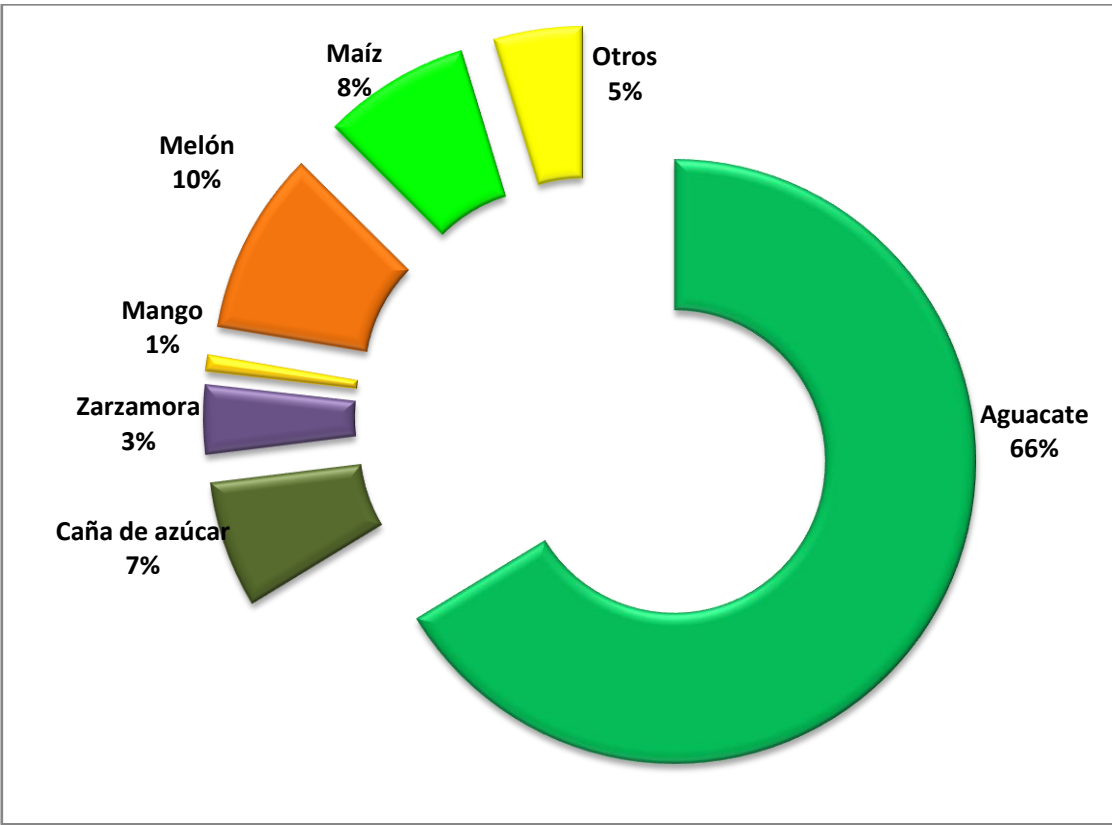


Figura 15. Porcentaje del valor de la producción por cultivo

Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP (2003-2016).

Nota: otros corresponden al 2.09% de la producción de sorgo forrajero verde, 1.24% de sorgo grano, 0.79 % de pastos y 0.58% de agave.

En la actualidad, la RTC enfrenta serios problemas de erosión de suelo debido principalmente al sobrepastoreo, a las malas prácticas agrícolas y en los últimos años se ha cobrado relevancia el avance de la frontera agrícola para plantar y producir aguacate. La figura 16 muestra cómo ha ido en aumento la producción de aguacate de los últimos años, en los municipio de Tacámbaro, Turicato y madero.

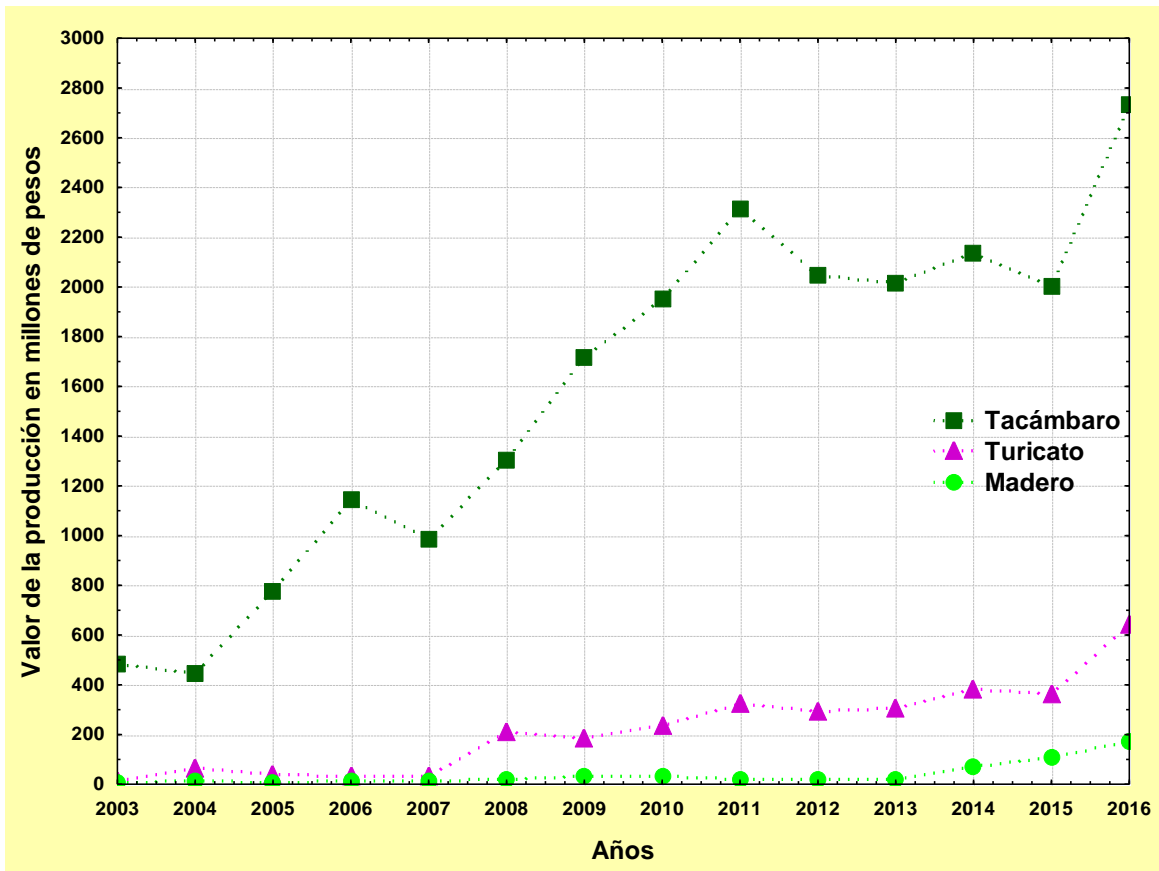


Figura 16. Valor de la producción de aguacate de los municipios de la RTC 2003-2016
Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP.

3.5.1 Producción agrícola

La superficie destinada a la agricultura en la Región de Tierra Caliente, reportada en el Anuario Estadístico del Estado, es superior a las 147 mil hectáreas, de las cuales sólo el 18.3% cuentan con riego, prácticamente la mitad del porcentaje que corresponde al Estado, que es de 36.3%; Carácuaro y Nocupétaro, no reportaron superficie con riego.

De acuerdo con los datos del Anuario Estatal Agropecuario y Forestal (2008) la superficie sembrada fue de 76,651 hectáreas, lo que representa el 52.0% de la superficie agrícola designada con anterioridad. La producción de la Región se elevó a 962 mil toneladas, con un valor de casi 2,500 millones de pesos, cabe destacar, que existe una variación importante en cuanto al rendimiento por

hectárea, de superficie de riego y temporal, tanto en cultivos cíclicos como en perennes.

SAGARPA-SIAP (2013), reporta que la superficie de riego representa el 23.6%, aún muy bajo si se compara con el 38.3% que arroja el porcentaje correspondiente al Estado. Esta situación se refleja también en una diferencia importante con más de cuatro mil hectáreas de diferencia entre la superficie sembrada y la superficie cosechada

Respecto al grado de tecnificación de la agricultura de la Región de Tierra Caliente, el Anuario Estatal Agropecuario y Forestal (2008), reporta que la superficie fertilizada fue de 67 mil hectáreas, lo que representa el 7.2% del total de la superficie fertilizada en la entidad. Además esta cifra representa el 88.2% de la superficie sembrada, porcentaje ligeramente superior al del Estado que resultó de 87.7%.

En las demás variables que se utilizan para medir la tecnificación, las cifras de la agricultura estatal superan los porcentajes de la Región. El uso de semilla mejorada en la superficie sembrada en la Región, fue del 5.6% de la superficie total del estado que la utiliza; esto significa que 56.6% recibe el beneficio regionalmente, y en el caso del estado, esta comparación se eleva a 72.4%, considerando que la superficie sembrada en la entidad fue de un millón 65 mil hectáreas.

Respecto al porcentaje de mecanización de la agricultura en la Región, la cual representa el 62.0% de la superficie sembrada, mientras que en el estado este porcentaje se ubica en 73.0%. La tabla 4 presenta los datos de la superficie fertilizada, la superficie sembrada con semilla mejorada, la superficie atendida con servicios de asistencia técnica, la superficie atendida con servicios de sanidad vegetal y la superficie mecanizada.

Tabla 4. Superficie agrícola en hectáreas con asistencia técnica por municipio

Municipio	Superficie fertilizada	Superficie sembrada con semilla mejorada	Superficie atendida con servicios de asistencia técnica	Superficie atendida con servicios de sanidad vegetal	Superficie mecanizada
Carácuaro	7936	2646	-----	-----	3120
Huetamo	13188	9572	-----	350	8604
Madero	9661	1508	643	643	4491
Nocupétaro	5298	3697	457	100	300
San Lucas	9447	7044	1896	1878	7009
Tacámbaro	14170	15401	15411	13847	16486
Turicato	7763	3502	3024	2265	7946
Región TC	67463	43370	21431	19083	47956
Estado	934485	771181	246877	349812	778729
Porcentaje Región/ Estado	7.22%	5.62%	8.68%	5.46%	6.16%

Fuente: Anuario Estatal Agropecuario y Forestal (2008)

Al analizar los municipios de la RTC destacan que Tacámbaro y Turicato son los municipios que presentan un mayor desarrollo tecnológico. Mismos municipios que están también entre los de mayor superficie agrícola con riego. Por lo contrario, los otros cuatro municipios de la Región, prácticamente en todos los indicadores se ubican por debajo del promedio regional.

Debido a la disparidad de la RTC, es posible establecer tres subregiones: norte, centro y sur. En el noroeste: en Tacámbaro se cultiva el 93 por ciento del aguacate (7,775 hectáreas) de la región. Su importancia radica en que su valor significa más del 70% del valor de la producción de perennes. La caña de azúcar se cultiva en Tacámbaro (70%) y en el norte de Turicato (30%). Este producto significa el 20% del valor de la producción total de perennes en el Estado.

En Huetamo se produce sorgo forrajero verde, melón y maíz. En San Lucas se produce mango, melón, sorgo de grano y maíz; en el centro sólo hay pequeñas rancherías con algunos animales y cultivo de maíz para autoconsumo. En Carácuaro y Nocupétaro se produce Maíz, sorgo de grano y pastos utilizados

principalmente para alimentar el ganado de la región. En Madero se produce agave, maíz y aguacate.

La figura 17 presenta los tres principales cultivos de cada municipio de la RTC, donde Huetamo figura como el principal productor de sorgo forrajero verde, San Lucas de sorgo de grano y mango, Carácuaro y Nocupétaro de pastos, Tacámbaro zarzamora, caña de azúcar y aguacate y Madero de agave.

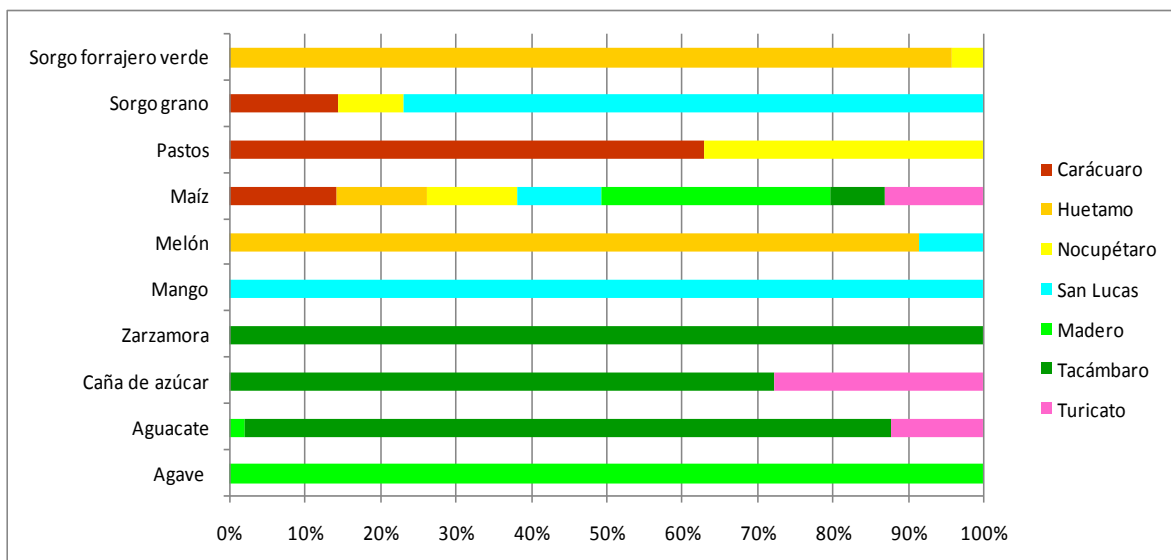


Figura 17. Principales cultivos de la RTC
Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP período 2003-2016

3.5.2 Producción ganadera

La ganadería es una actividad importante en la economía y cultura de los campesinos productores y se ha desarrollado en México desde la antigüedad¹⁸. En la actualidad es de suma importancia económica, ya que dependiendo de la especie que se produzca, se obtienen una serie de productos derivados como son carne, huevos, leche, lana y miel.

La ganadería está muy relacionada con la agricultura, ya que en la mayoría de las rancherías de la RTC ambas actividades económicas se llevan a cabo,

¹⁸ La ganadería es una actividad que consiste en la cría de animales para beneficios del hombre. En México, los ganados más importantes en número son los relacionados con la ganadería bovina, la avicultura y la porcina, sin embargo, en algunas regiones del mundo otros tipos de ganado tienen mayor importancia, como el caprino y el equino, así como la cunicultura, y la apicultura.

mimas que pueden ser para autoconsumo o venta local o comercial. En la relación de la agricultura con la ganadería, el ganado bovino aporta el estiércol, que es utilizado como abono, y los cultivos aportan el alimento para los animales. Se distinguen varios tipos de ganadería en función de las especies, y por otra parte, por objeto de la explotación. Además, de cría de ganado bovino, porcino y aves también se crían conejos y abejas en algunas localidades.

En la RTC se cría principalmente ganado bovino con un 79%, seguido del ganado porcino (13%), además de ganado caprino ovino y ave (figura 18).

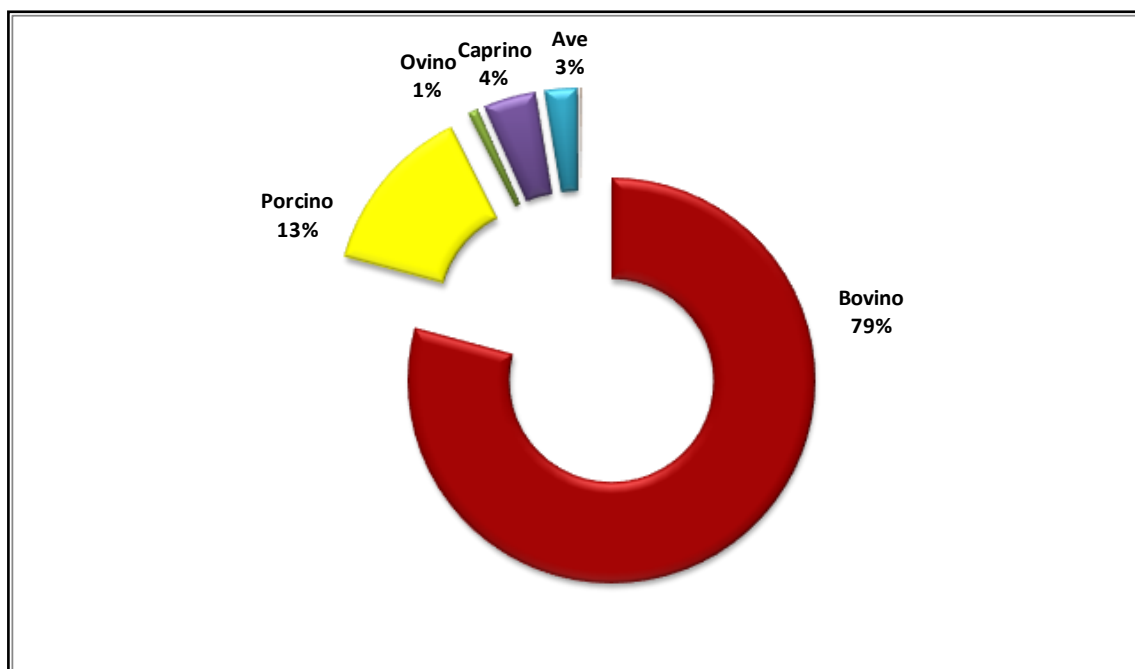


Figura 18. Porcentaje de la producción pecuaria de la RTC

Fuente: Anuario estadístico y geográfico de Michoacán de Ocampo 2015

En la Región Tierra Caliente, la ganadería se desarrolla en las localidades pequeñas, conocidas como rancherías, donde crían ganado bovino, porcino, ovino caprino y aves. La figura 19 muestra producción pecuaria por municipio, donde se aprecia que en los siete municipios de la RTC, la producción ganadera se basa principalmente en la cría de ganado bovino y porcino (Anuario estadístico y geográfico de Michoacán de Ocampo, 2015).

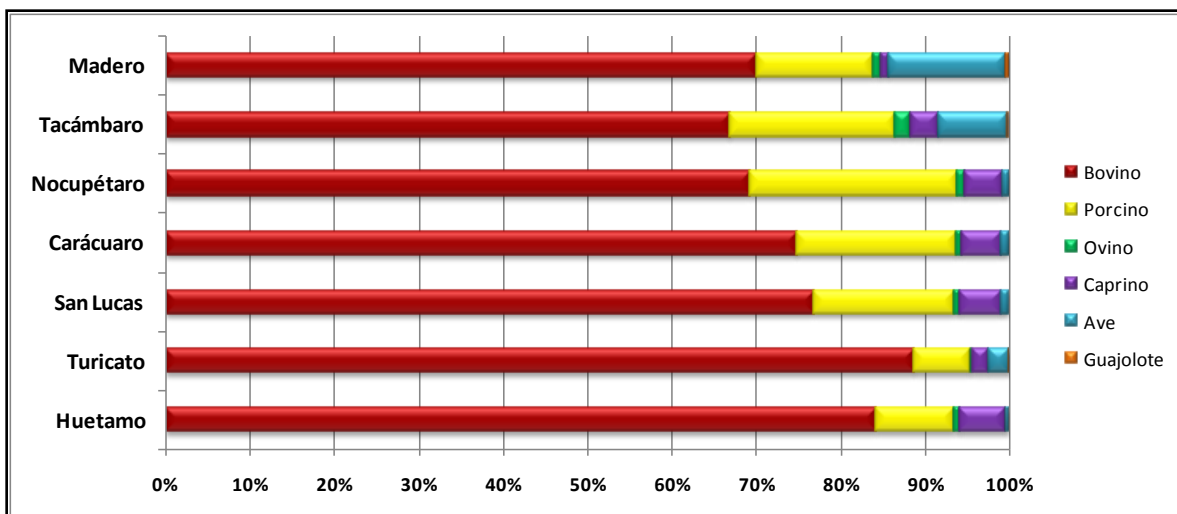


Figura 19. Producción pecuaria por municipio de la RTC
Fuente: Anuario estadístico y geográfico de Michoacán de Ocampo 2015

De acuerdo con datos del Anuario estadístico y geográfico de Michoacán de Ocampo (2015), Huetamo es el principal productor de ganado bovino, seguido de Turicato y San Lucas. Con respecto al ganado porcino, Nocupétaro y Carácuaro son los municipios más importantes de la región, mientras que las aves de corral se producen en los municipios de Madero y Tacámbaro. (Anuario estadístico y geográfico de Michoacán de Ocampo 2015).

La tabla 5 muestra los volúmenes de producción en toneladas por municipio de año 2014 donde, Huetamo es el principal productor de ganado bovino de la RTC, seguido de Turicato y San Lucas (Anuario estadístico y geográfico de Michoacán de Ocampo 2015).

Tabla 5. Volumen de la producción ganadera en toneladas de los municipios de la RTC (2014)

MUNICIPIO	Bovino	Porcino	Ovino	Caprino	Ave	Guajolote
Huetamo	4326	472	41	278	20	0
Turicato	2567	195	6	56	70	2
San Lucas	1217	264	12	76	15	0
Carácuaro	1185	299	11	74	16	0
Nocupétaro	1147	405	17	72	14	0
Tacámbaro	964	284	27	46	119	3
Madero	603	120	8	8	119	4

Fuente: Anuario estadístico y geográfico de Michoacán de Ocampo 2015

Del año 2006 al 2015, en Huetamo se produjo el 33% del valor de la producción pecuaria, seguido de Turicato con el 18% (figura 20).

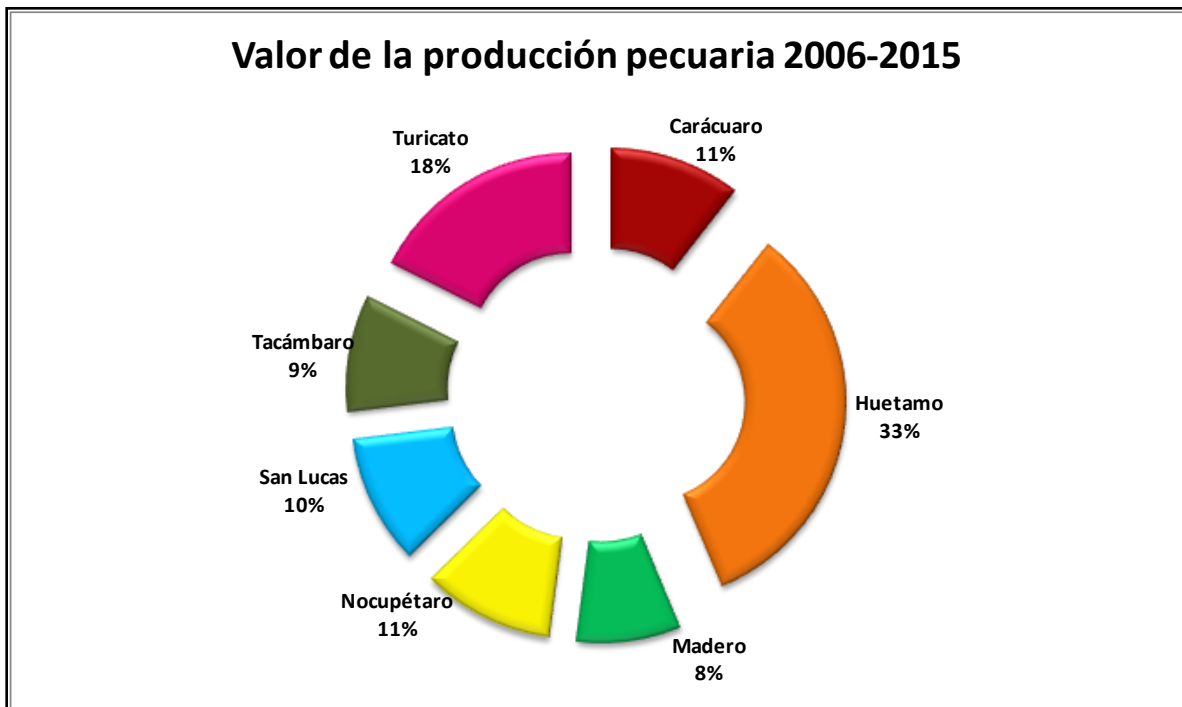


Figura 20. Porcentaje del valor de la producción pecuaria 2006-2015 por municipio
Fuente: Elaboración propia con datos del Anuario estadístico y geográfico de Michoacán de Ocampo 2015.

3.5.3 Producción forestal maderable

La producción regional de maderable se concentra sólo en los municipios de Madero y Tacámbaro y solo una pequeña porción de las partes altas del municipio de Nocupétaro. En 2008, la producción de maderable alcanzó un volumen de 53 mil metros cúbicos en rollo, lo cual representó el 7.6% de la producción del Estado. El 80.2% de la producción es de pino, en importancia le sigue la producción de encino que representó el 10.1% de la producción estatal y finalmente, el oyamel cuyo porcentaje fue del 5.2% en relación al volumen obtenido en el Estado.

Según datos del Programa de Desarrollo Forestal Sustentable 2005-2030, en la RTC existen 32 aserraderos, 20 talleres de casas, 102 fábricas de muebles; sin embargo, solo se aprovecha el 40.0% de la capacidad de transformación, en el

programa antes mencionado se hace la precisión de que se detectaron 31 talleres que operan de manera clandestina. El aprovechamiento forestal se centra en dos coníferas, pino y oyamel, latifoliadas, con algunas especies de encinos y otras especies de interés comercial (tabla 6).(INEGI, 2008).

Tabla 6. Volumen de la producción forestal maderable de los municipios de la RTC (2014)

Municipio	Coníferas*		Latifoliadas		Total
	Pino	Oyamel	Encino	Otras	
Madero	14 942	814	748	41	16 545
Tacámbaro	9 370	1 481	368	68	11 287
Nocupétaro	2 014	0	0	0	2 014

Nota: La unidades corresponden a metros cúbicos en rollo. Los pinos se refiere a *Pinus spp.*; oyamel se refiere a la especie *Abies religiosa*; Encino, se refiere a *Quercus spp.*; otras comprenden: aile (*Alnus firmifolia*), trompillo (*Ternstroemia pringlei*), madroño (*Arbutus xalapensis*), jaboncillo (*Clethra mexicana*), fresno (*Fraxinus udhei*) y capulín (*Prunus capuli*).

Fuente: Anuario estadístico y geográfico de Michoacán de Ocampo 2015.

3.5.4 Minería

La minería, es una actividad importante para el municipio de Huetamo ya que prácticamente es el único con una extracción comercial de oro, plata y cobre. De acuerdo con datos del . Anuario estadístico y geográfico de Michoacán de Ocampo, INEGI (2015), en el año 2014, Huetamo produjo el 100% de la extracción de cobre, el 88.9% de la producción de oro y 61.5% de plata. Cabe mencionar, que en Huetamo existen dos de las cinco plantas beneficiadoras de minerales en el Estado (tabla 7).

En el municipio de San Lucas existe una mina en explotación de minerales no metálicos, de caliza o cal hidratada, que es explotada por la empresa denominada Derivados Cálcidos de Michoacán. Además de estos proyectos en explotación, la zona tiene exploraciones de nuevos yacimientos tanto de metales preciosos como cobre, plomo, zinc, tanto en Huetamo, como en otros municipios como Madero y Turicato.

Tabla 7. Volumen de la producción de cobre, plata y oro de Huetamo, 2012, 2013 y 2014

	Año		
	2012	2013	2014
Huetamo	Cobre		
		1 050 000	1 117 000
			1 192 000
	Plata		
		761	751
			827
	Oro		
		22	21
			24

Nota: Las unidades están dadas en kilogramos

Fuente: Anuario estadístico y geográfico de Michoacán de Ocampo 2015

3.5.5 Servicios

La actividad turística es poco representativa en la Región Tierra Caliente, solamente en dos municipios se cuenta con establecimiento de hospedaje: Huetamo y Tacámbaro, ocho y siete unidades respectivamente. Respecto al número de establecimiento en el estado, la Región aporta el 2.7% del total, no obstante, la RTC cuenta con opciones de turismo ecológico, histórico y de montaña, así como ranchos cinegéticos (producción de venados e iguanas).

En Turicato hay cuevas y rocas con pinturas y grabados de interés, además de panaderías, hostales, servicios mecánicos, gastronómicos.

Tacámbaro es un Pueblo Mágico de Michoacán por su riqueza cultural y natural, así como por su singular patrimonio material e inmaterial; por su ubicación geográfica podría ser considerado como un balcón de cara a la tierra caliente, puesto que allí, se contempla el horizonte de la Tierra Caliente. Además de la cabecera municipal, Tacámbaro cuenta con atractivos y servicios, como restaurantes, iglesias, balnearios, cascadas y bellos paisajes.

Por su parte Huetamo posee un museo, donde se aprecian vasijas, collares, figuras humanas, vestimenta, monedas, armas y entre otros objetos.

Carácuaro también tiene atractivos turísticos como el Río Carácuaro, la Casa de Morelos, y el Cristo Negro, visitado cada año por miles de peregrinos de todo el Estado y el país.

3.6 Dinámica poblacional de la RTC

De 1950 al 2002, la población de la Región mantuvo un crecimiento homogéneo, aunque su crecimiento demográfico siempre se ha registrado por debajo de las tasas estatales. No obstante, en 2005 hubo una disminución en la tasa de población y volvió a ser positiva en los años 2010-2015 (figura 21).

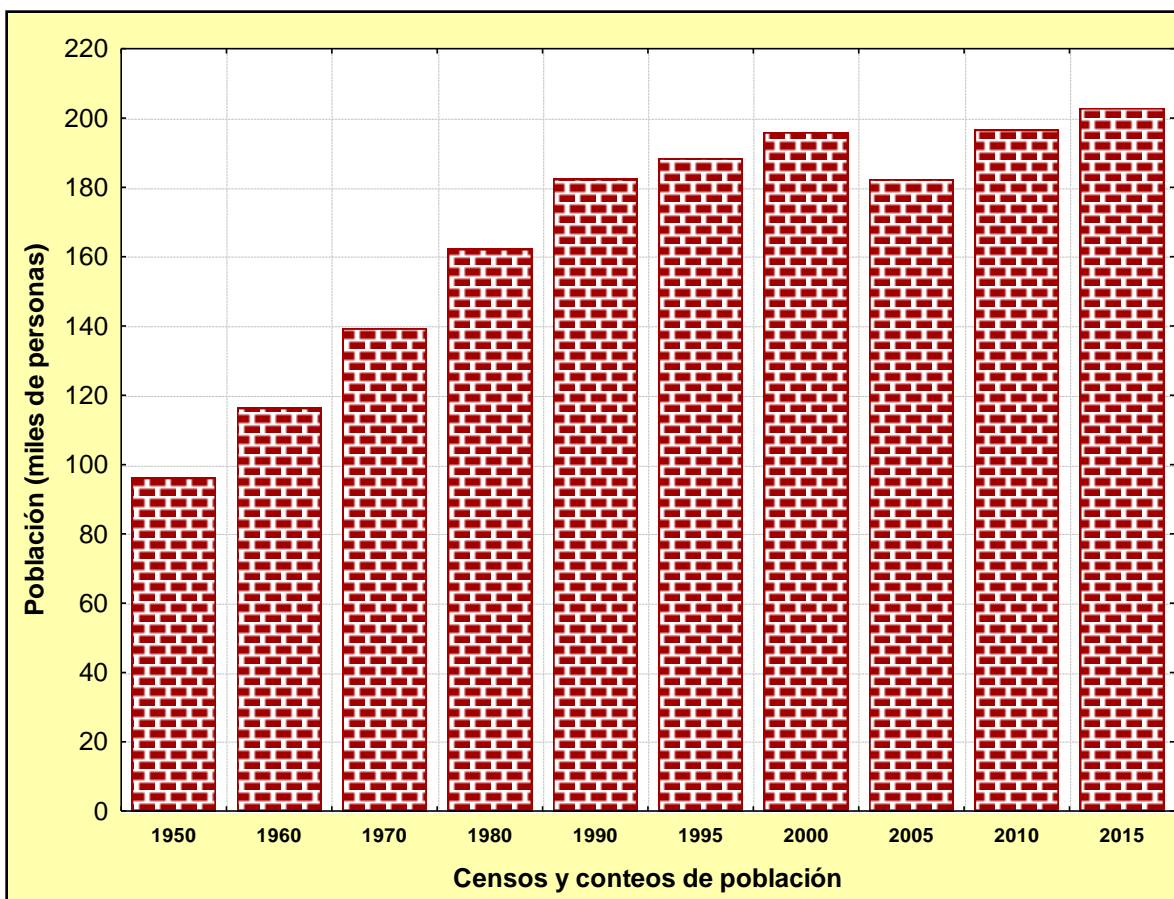


Figura 21. Población de los siete municipios de la RTC 1950-2015

Fuente: Elaboración propia con información obtenida de: La Población de los Municipios de México 1950-1990, Consejo Nacional de Población (CONAPO); XII Censo General de Población y Vivienda 2000, Michoacán, INEGI; I y II Censo de Población y Vivienda 1995 y 2005, INEGI; XIII Censo General de Población y Vivienda 2010, Michoacán, INEGI y Encuesta Intercensal 2015, INEGI.

Con respecto a la tasa de crecimiento poblacional anual (TCA) de la RTC, ésta ha disminuido en los últimos años, hasta llegar a ser negativa de acuerdo con los datos registrados en el Censo de Población y vivienda 2005, con un valor negativo de -1.42. La figura 22 muestra la TCA por municipio.

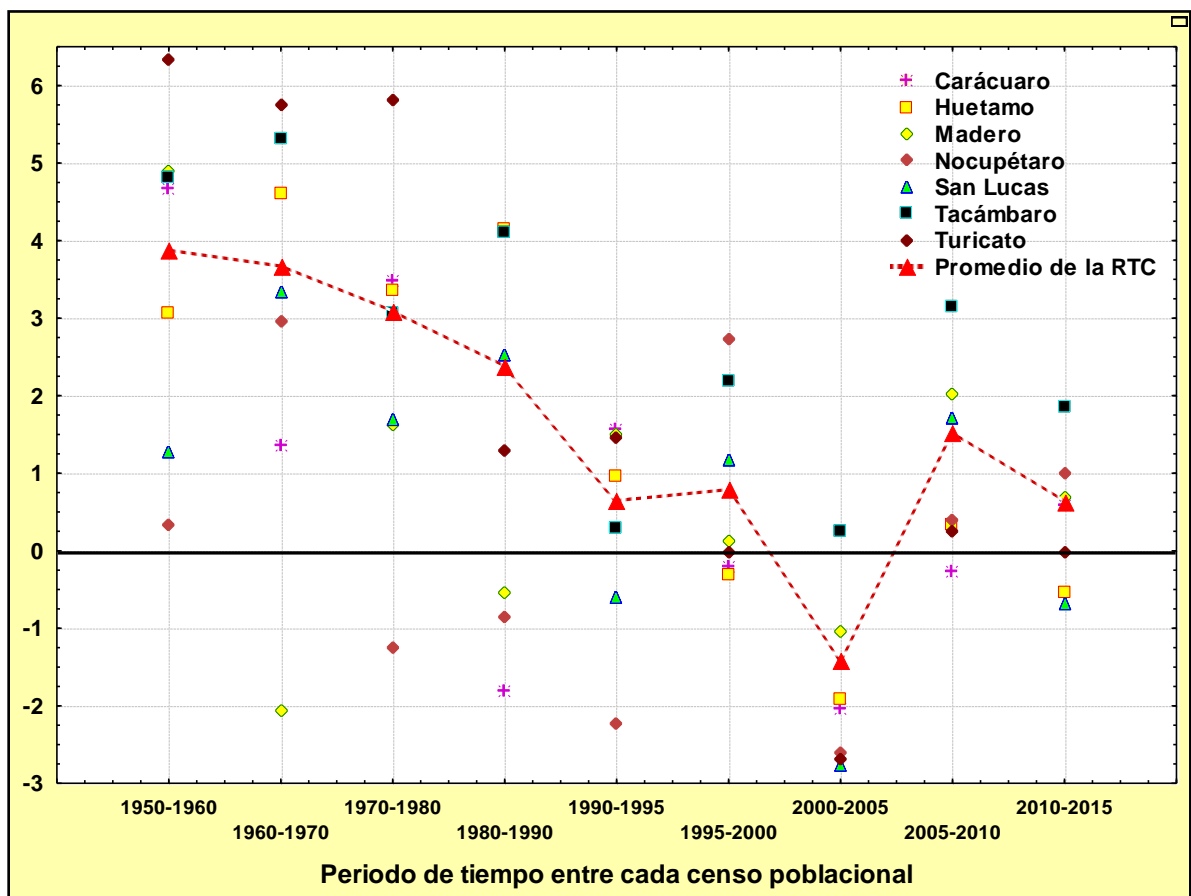


Figura 22. Tasa de crecimiento poblacional anual por municipio 1950-2015

Fuente: Elaboración propia con información de INEGI: La Población de los Municipios de México 1950-1990, Consejo Nacional de Población (CONAPO); XII Censo General de Población y Vivienda 2000, Michoacán, INEGI; I y II Censo de Población y Vivienda 1995 y 2005, INEGI; XIII Censo General de Población y Vivienda 2010, Michoacán, INEGI y Encuesta Intercensal 2015, INEGI.

En el año 2010, la población total de la RTC era de 196,668, Nocupétaro con 7799 habitantes posee la menor población, mientras que el de mayor población es Tacámbaro con 69,955 habitantes. Respecto al porcentaje de la población por municipio, la figura 23 muestra los datos de la encuesta intercensal de INEGI (2015), las cifras muestran que Tacámbaro es el municipio más poblado de la RTC con un 30% del total de la población, mientras que Carácuaro y Nocupétaro son los municipios menos poblados con el 4 %.

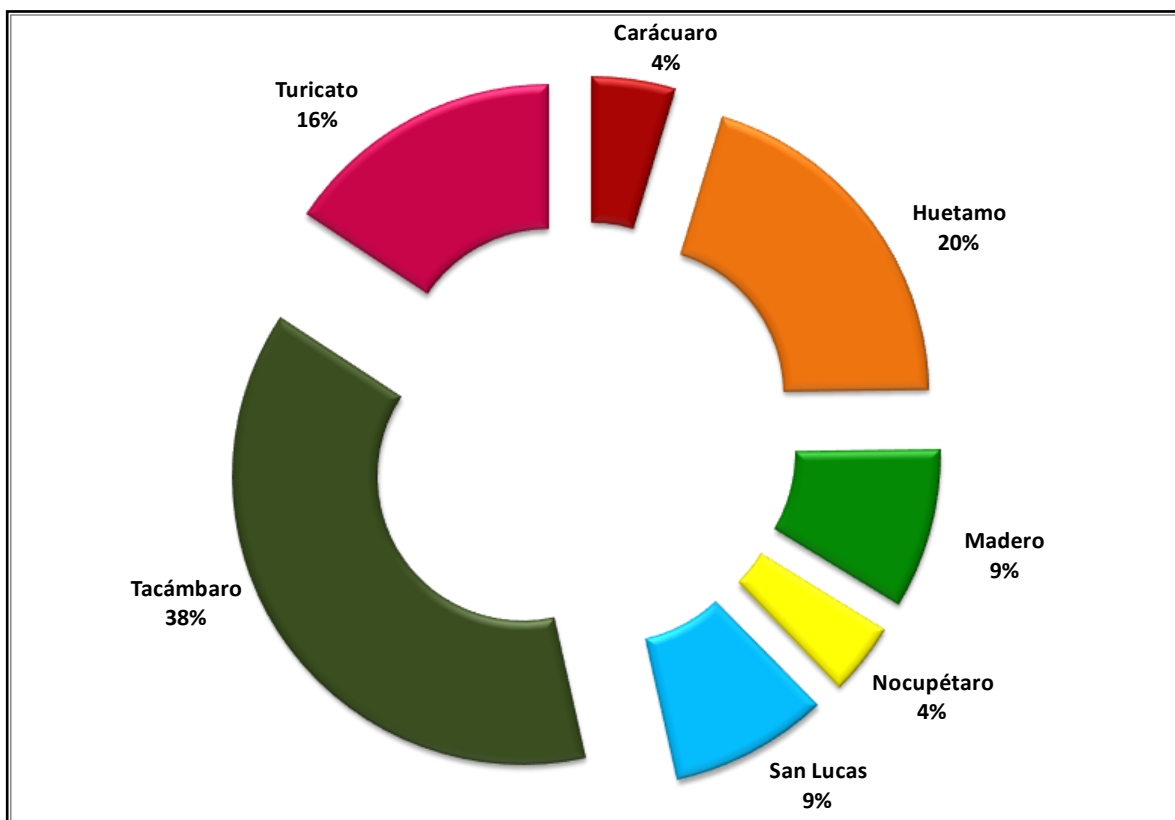


Figura 23. Porcentaje de la población por municipio 2015

Fuente: INEGI, Encuesta Intercensal de población 2015

La tabla 8 muestra que, de acuerdo a las cifras de la Encuesta intercensal 2015, entre los años 2000 y 2010 sólo en los municipios de Madero y Tacámbaro aumentaron su población total, mientras que en los otros cinco municipios disminuyó, manteniéndose la tendencia de despoblamiento en los municipios menos habitados de la entidad, con el impacto negativo que dicho fenómeno tiene sobre el crecimiento económico y posibilidades de aprovechamiento de los recursos de la Región;

El despoblamiento de los municipios de la RTC es originado principalmente por la emigración de jóvenes hacia los Estados Unidos, las expectativas de obtener mayores ingresos y enviar remesas a sus familiares, con la consecuente pérdida de mano de obra para las actividades agrícolas del campo (Villegas, 2007).

Tabla 8. Población de la Región Tierra Caliente, año 2010

Año	Carácuaro	Huetamo	Madero	Nocupétaro	San Lucas	Tacámbaro	Turicato	Total de la RTC
1950	6651	20890	12714	8056	12268	22431	13214	96224
1960	8355	24287	16141	8194	13074	28376	17965	116392
1970	8936	30434	14538	9483	15408	36768	23758	139325
1980	10608	35910	15758	8904	16756	42777	31514	162227
1990	9680	44010	15339	8529	18978	52315	33594	182445
1995	10459	46161	16523	7623	18408	53113	36112	188399
2000	10351	45441	16620	8724	19506	59192	36072	195906
2005	9337	41239	15769	7649	16953	59920	31494	182361
2010	9212	41937	17427	7799	18461	69955	31877	196668
2015	9485	40818	18030	8195	17845	76661	31849	202883

FUENTE: La Población de los Municipios de México 1950-1990, Consejo Nacional de Población (CONAPO); XII Censo General de Población y Vivienda 2000, Michoacán, INEGI; I y II Conteo de Población y Vivienda 1995 y 2005, INEGI; XIII Censo General de Población y Vivienda 2010, Michoacán, INEGI y Encuesta Intercensal 2015, INEGI.

Por género, en la RTC el 51.07% es población femenina (103,622 mujeres) y el 48.93% es población masculina (99,261 hombres), es decir en términos generales en la RTC hay mayor cantidad de mujeres que de hombres. Solo en el municipio de Madero la proporción es inversa 49.48 % mujeres y 50.52 % hombres (INEGI, 2015) (figura 24).

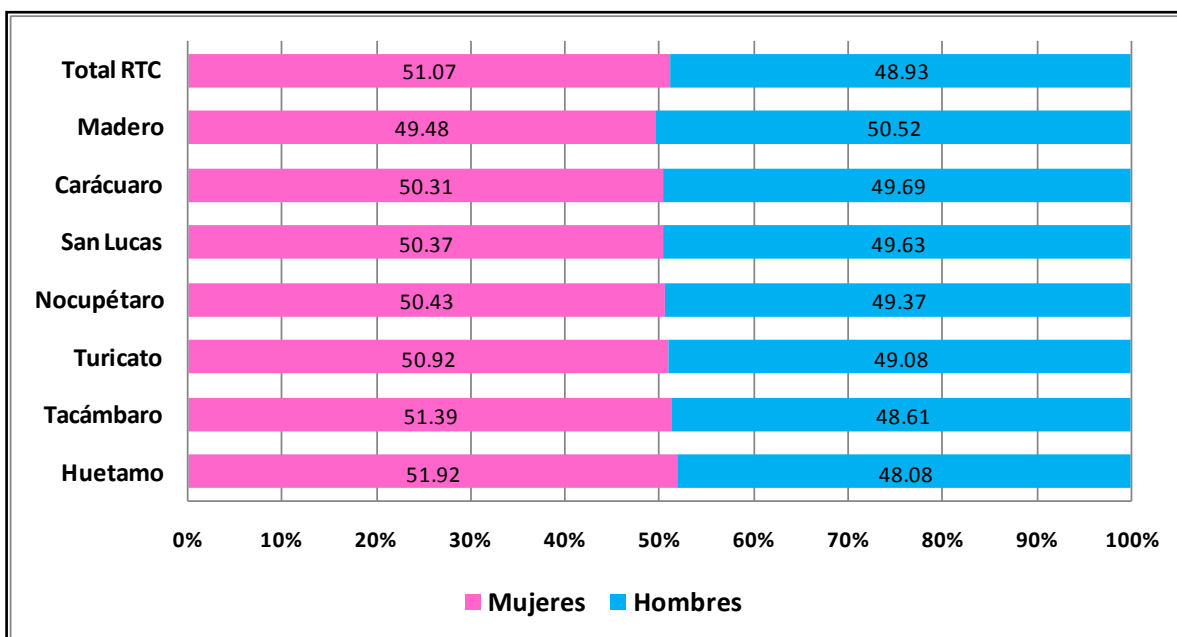


Figura 24. Proporción de la población por sexo de 2015
Fuente: INEGI, Encuesta Intercensal 2015.

3.7 Marginación

En México, la marginación es un concepto empleado por el Consejo Nacional de Población (CONAPO), cuya función primordial es ayudar en la definición de estrategias y de política social, que permiten dar cuenta del fenómeno estructural que surge de la dificultad para propagar el progreso técnico en el conjunto de los sectores productivos, y socialmente se expresa como persistente desigualdad en la participación de los ciudadanos y grupos sociales en el proceso de desarrollo y en el disfrute de sus beneficios (Cortés, 2006).

En la actualidad, la marginación representa un fenómeno multidimensional y estructural originado, en última instancia, por el modelo de producción económica expresado en la desigual distribución del ingreso, en la estructura productiva y en la exclusión de diversos grupos sociales, tanto del proceso como de los beneficios del desarrollo (CONAPO, 2011).

Con respecto a la marginación por localidades, en Michoacán, el 21% de presenta el índice de marginación Muy alto, el 63% Alto, el 11% Medio, solo el 3% bajo y el 2% muy bajo (figura 25).

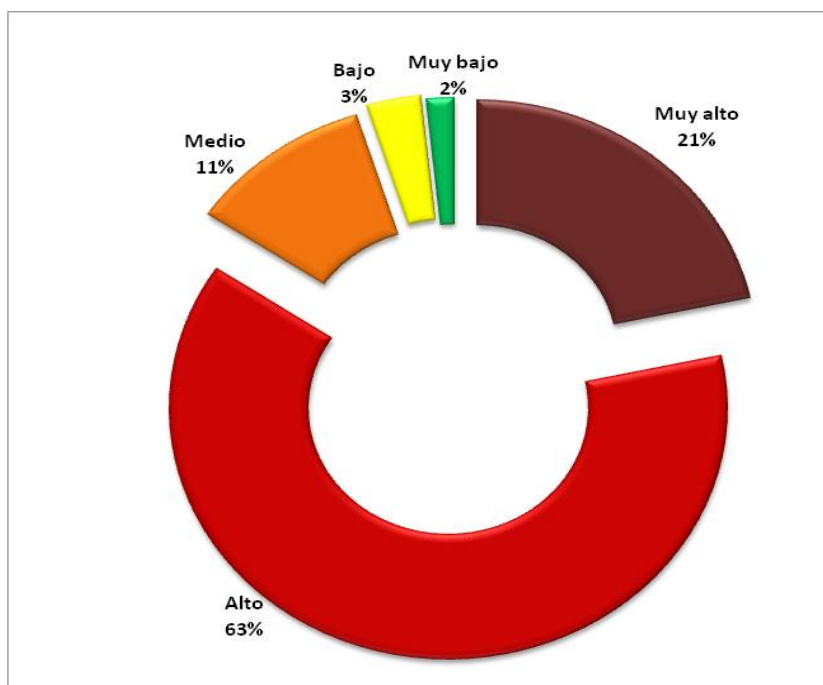


Figura 25. Grado de marginación por localidades en Michoacán

Fuente: Elaboración propia con información de CONAPO, con base en el INEGI, Censo de Población y Vivienda 2010, Principales resultados por localidad.

De los municipios de la RTC, Nocupétaro es el que presenta el mayor índice de marginación, seguido de Carácuaro, Madero, San Lucas, Turicato y Huetamo, mientras que Tacámbaro es donde se presentan los valores más bajo de marginación (Carpetas municipales, 2010) (figura 26).

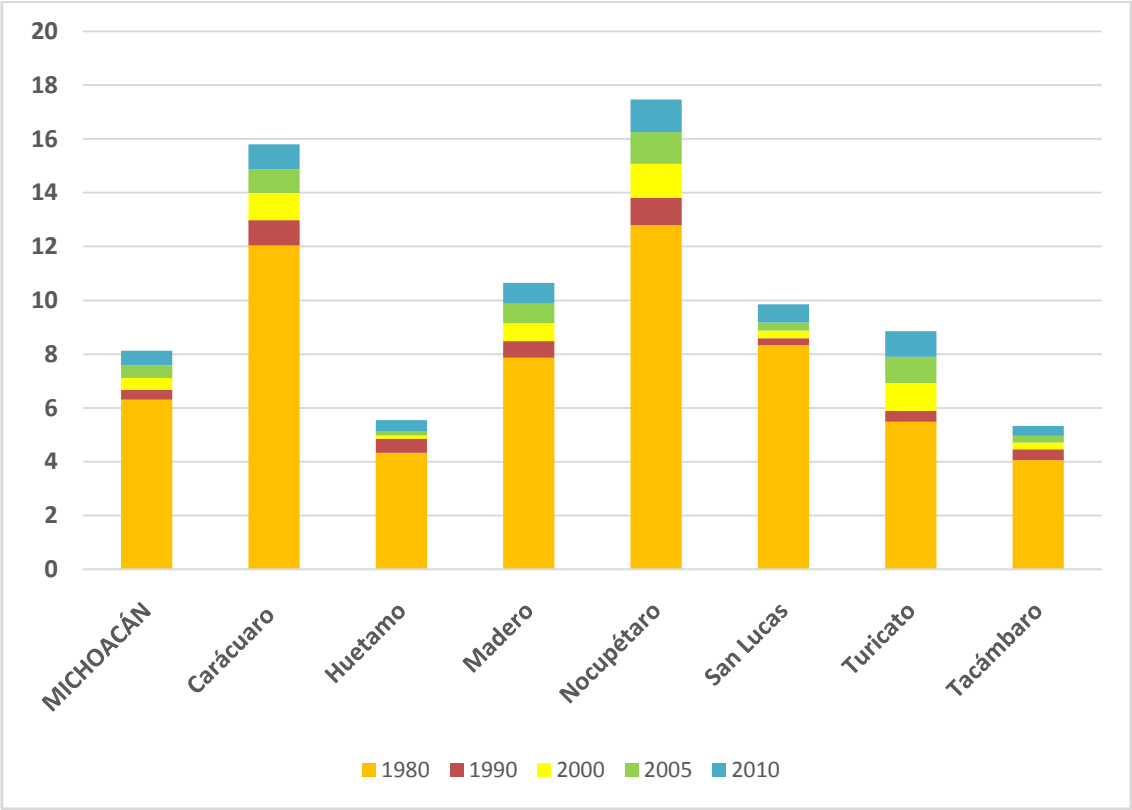


Figura 26. Índice de marginación por municipio 1980-2010

Fuente: Elaboración propia con información de las carpetas municipales CPLADE (2012a; 2012b; 2012c; 2012d; 2012e; 2012f; 2012g).

CAPÍTULO IV

MÉTODOS EMPLEADOS PARA LA DETECCIÓN DE LA SEÑAL DE CAMBIO CLIMÁTICO Y LA VULNERABILIDAD SOCIOECONÓMICA Y AGRÍCOLA DE LA RTC

En el presente capítulo se describen los métodos empleados para probar la hipótesis general del presente trabajo y cumplir con los objetivos propuestos. El capítulo se integra de cinco apartados; en la primera parte se describen los métodos empleados para la identificar la señal de cambio climático así como la revisión y selección de las estaciones climatológicas, los escenarios de cambio climático y la detección de peligros y amenazas. Además de se presentan los métodos para estimar la vulnerabilidad económica del impacto agrícola de la Región Tierra Caliente; en el segundo apartado se presentan los métodos para obtener la importancia económica de la agricultura en la Región Tierra Caliente; en la tercera, los métodos para la obtención de la resiliencia de los productores agrícolas; en la cuarta, los métodos para estimar la vulnerabilidad social de los pobladores de la Región Tierra Caliente; la quinta, los métodos para cuantificar la vulnerabilidad total climática (agrícola, social y económica) municipal y los métodos para estimar el la amenaza de sequía.

4.1. Tratamiento de los datos de las estaciones climatológicas

En general, el clima se describe en términos de valores medios y de variabilidad de temperatura, precipitación y viento, que pueden abarcar desde meses hasta millones de años, no obstante, el período promedio habitual es de 30 años; mientras que el estado del tiempo es de naturaleza caótica porque hace impredecible cualquier pronóstico más allá de unos pocos días, por tanto, el cambio climático y el estado del tiempo se entremezclan (Conde & Gay, 2008).

Para identificar la señal de cambio climático regional se realizaron una serie de análisis climatológicos; primero se obtuvieron las tendencias de cambio climático a nivel local mediante el software CLIC-MD a través de los análisis de correlación entre las variables climáticas y la prueba de Mann-Kendall (MK); posteriormente se analizaron las tendencias de precipitación con el software RHtestV4, con la aplicación FindU y finalmente se realizaron las proyecciones de cambio climático de temperatura con el software LARS bajo los escenarios A2 y A1B, para 2025, 2050 y 2075.

Para realizar el análisis climático fue necesario conocer las características climáticas de los registros históricos de la RTC y realizar un análisis espacial y temporal de los datos, lo cual permitió caracterizar el comportamiento de los mismos. En esta parte del estudio se trabajó con datos climatológicos del Sistema Meteorológico Nacional (SMN), de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y del Climatic Computing Project (CLICOM).

4.1.1 Revisión y selección de las estaciones climatológicas

Es de suma importancia que la información climatológica sea analizada previo a su utilización, debido a que en muchas ocasiones es escaso el número de datos o son de dudosa calidad, como la falta de calibración de los equipos, falta de seriedad en la toma de datos por parte del personal a cargo y la inconsistencia en los períodos de operación de las estaciones principalmente (Muñoz & Torres, 2007).

Antes de iniciar los análisis climatológicos planteados en la presente investigación, fue necesario revisar toda la información disponible en las bases de

datos de los diferentes organismos operadores de los mismos; el análisis de información incluye tres aspectos principalmente: la localización geográfica de las estaciones climatológicas con registros históricos, la longitud de las series climáticas y el control de calidad de los datos (figura 27).

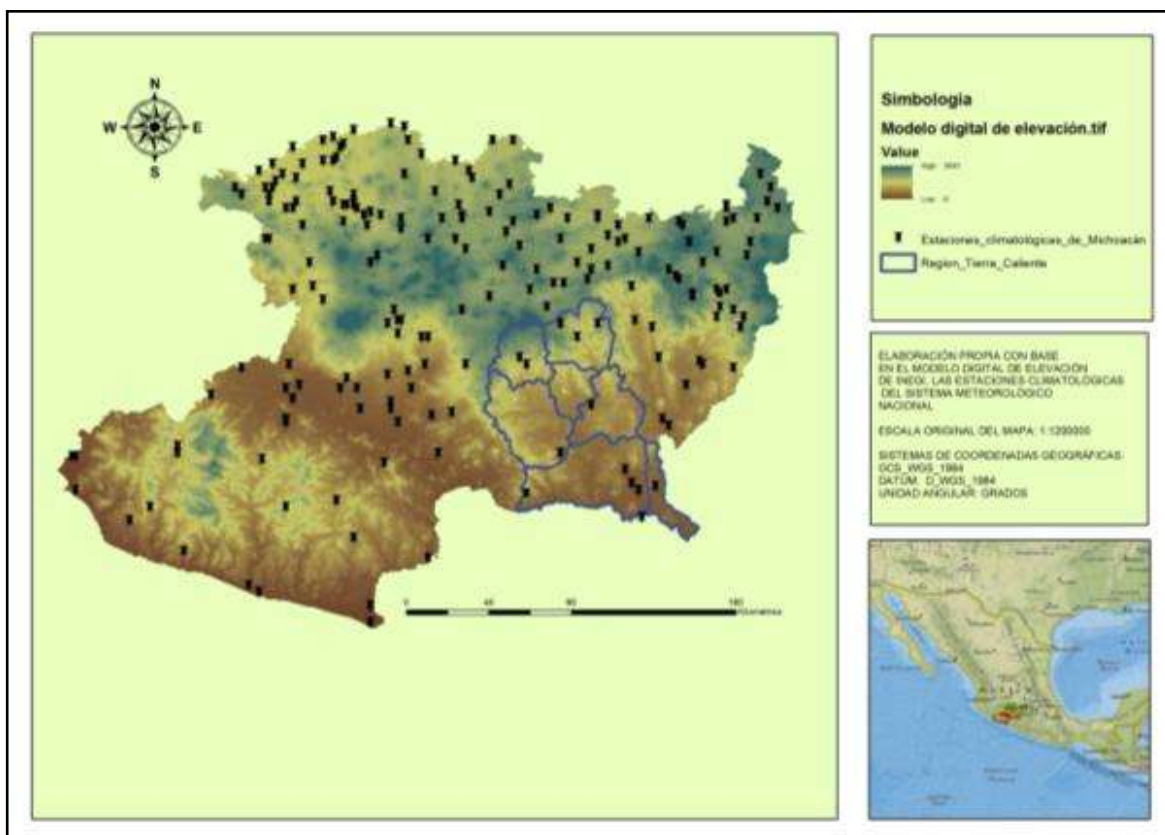


Figura 27. Mapa de las estaciones climatológicas de Michoacán
Fuente: Elaboración propia con base en el MDT de INEGI

En principio se recabó la información disponible para su revisión, con la información del total de las estaciones climatológicas que operan o alguna vez operaron en el estado de Michoacán (tabla 9 y figura 27); los primeros datos recabados fueron la identificación de todas las estaciones climatológicas que se ubicaran dentro de la región de estudio para determinar las estaciones con las que finalmente se realizarían los análisis.

La tabla 9 presenta la información de las dieciséis estaciones que geográficamente se localizaron dentro de la RTC. La información recabada fue la siguiente: clave, nombre, municipio, organismo operador, fecha de inicio de

operación y fin de registros, situación de operación de cada estación y localización (latitud, longitud y altitud).

Tabla 9. Estaciones climatológicas de la RTC

No.	Clave	Nombre	Municipio	Operador	Inicio	Fin	Situación	Long.	Lat.	Msnm
1	16010	Bartolinas (CFE)	Tacámbaro	CFE	01/01/1961	31/12/1976	Suspendida	-101.43	19.20	1400
2	16041	El Pejo	Huetamo	CONAGUA-DGE	01/07/1964	30/09/1985	Suspendida	-100.95	18.68	380
3	16049	Etúcuaro	Madero	CONAGUA-SMN	01/06/1944	30/09/1988	Suspendida	-101.22	19.38	1612
4	16051	Huetamo	Huetamo	CONAGUA-SMN	01/05/1922	31/12/2004	Operando	-100.90	18.63	300
5	16059	La Caimanera (CFE)	Huetamo	CFE	01/01/1961	31/12/1999	Suspendida	-100.89	18.46	305
6	16069	La Estancia	Huetamo	CONAGUA-DGE	01/07/1964	30/09/1972	Suspendida	-101.11	18.56	220
7	16075	Los Pinzanes (CFE)	Huetamo	CFE	01/10/1964	31/12/1999	Suspendida	-101.10	18.54	372
8	16109	San Diego Curucupatzteo	Madero	CONAGUA-SMN	01/01/1922	31/12/2004	Operando	-101.18	19.33	1020
9	16110	San Jerónimo (CFE)	Huetamo	CFE	01/09/1964	30/06/1979	Suspendida	-101.33	18.53	180
10	16123	Tacámbaro	Tacámbaro	CONAGUA-SMN	01/01/1922	30/06/2003	Operando	-101.46	19.24	1640
11	16133	Turicato	Turicato	CONAGUA-DGE	01/01/1969	30/06/2004	Operando	-101.42	19.05	740
12	16139	Villa Madero	Madero	CONAGUA-SMN	01/05/1943	30/09/1984	Suspendida	-101.27	19.40	2227
13	16140	Villa Madero (CFE)	Madero	CFE	01/01/1961	30/09/1994	Suspendida	-101.28	19.39	2134
14	16187	E.T.A. 139 Carácuaro	Carácuaro	CONAGUA-SMN	01/04/1973	31/07/1981	Suspendida	-101.12	19.00	505
15	16226	La Quetzleria (CFE)	Huetamo	CFE	01/08/1980	30/11/1981	Suspendida	-101.29	18.55	200
16	16230	Las Cruces	Turicato	CONAGUA-DGE	01/05/1981	31/05/2003	Operando	-101.43	19.07	800

4.1.2 Longitud de las series climáticas

Una vez identificadas las estaciones climatológicas de la RTC se procedió a realizar un análisis de longitud de las series de datos para determinar con cuales estaciones se trabajaría de acuerdo al número de años de registros en referencia al número de años de operación, o bien a la cantidad de años que estuvo en operación en caso de que actualmente ya se encuentre suspendida.

La figura 28 presenta la longitud de las series climatológicas con lo cual se constató que las estaciones 16230, 16041, 16010, 16110, 16069, 16187 y 16116 cuentan con series de datos menores de 30 años.

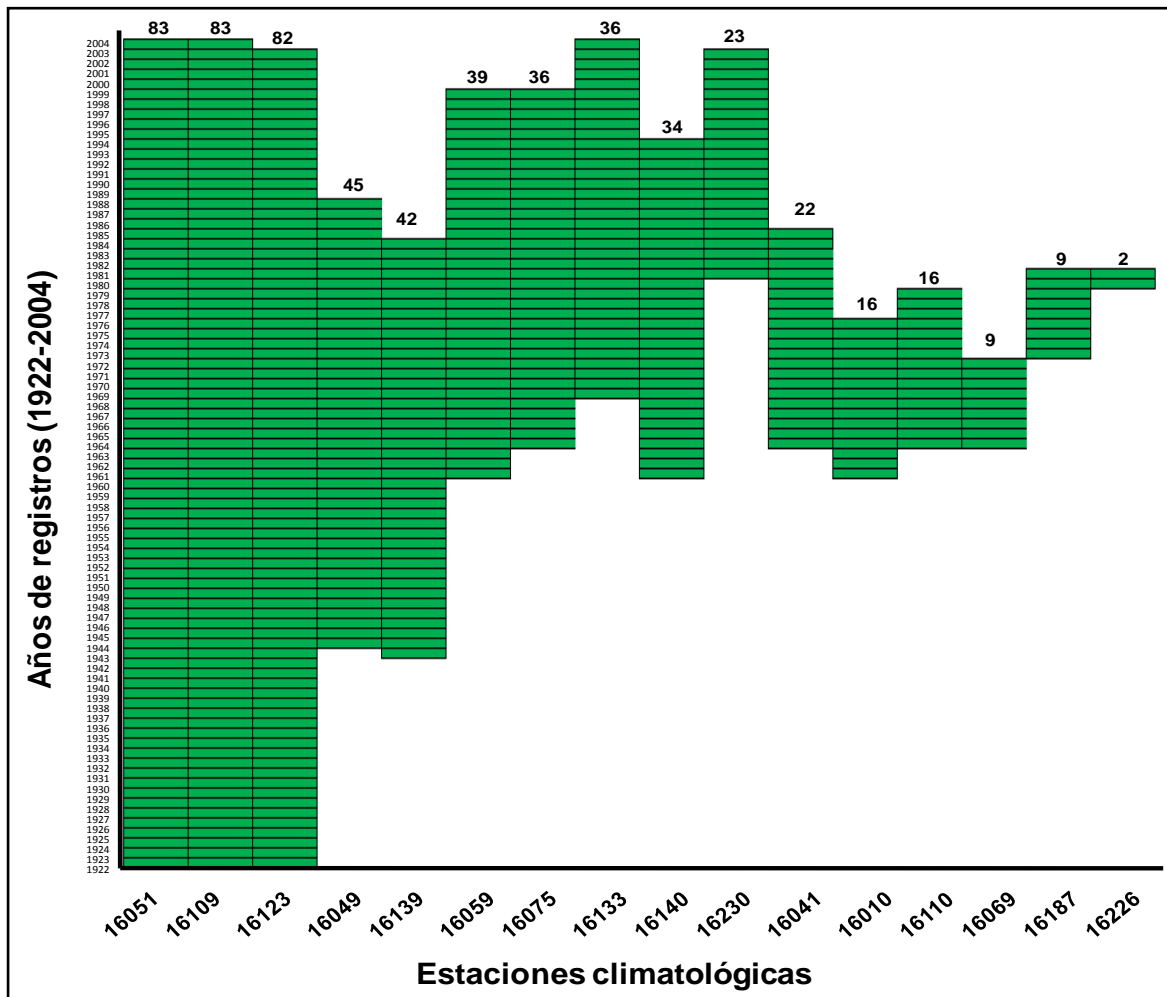


Figura 28. Amplitud de las series climatológicas de la RTC
Fuente: Elaboración propia con base en los datos obtenidos del SMN.

4.1.3 Control de calidad de los datos climatológicos

Existen diversos métodos para identificar si la información cuenta con una calidad apropiada para realizar un trabajo de investigación. En la presente investigación se realizó de la siguiente forma: primero se revisaron las serie completas de datos, de tal manera que no tuviera datos anómalos como valores de temperatura inconsistente por ejemplo temperatura máxima menor que la temperatura mínima o valores de precipitación menores que cero. Posteriormente se establecieron una serie de pruebas de tolerancia diseñadas para detectar valores atípicos tras definir límites climatológicos en la serie de tiempo analizada y finalmente, se verificó el comportamiento de las estaciones que corresponden a una misma zona geográfica.

4.1.4 Homogeinización de datos con RHTest V4

El grupo de expertos en índices y detección del cambio climático (ETCCDI por sus siglas en inglés) formuló el software RHtest V4 de la plataforma de R para homogeneizar datos. El software R incluye un lenguaje de programación y un ambiente de desarrollo para el uso de la estadística y creación de graficas. R funciona en múltiples sistemas operativos como MS Windows, Linux y Macintosh; permite realizar un diagnóstico de homogeneidad de los datos de manera accesible con base en pruebas estadísticas específicas (Wang et al., 2007).

El análisis de control de calidad y homogeneidad de datos es sumamente importante para el cálculo de los índices de cambio climático ya que cualquier dato erróneo puede tener impactos en las tendencias de las variaciones de temperatura o de precipitación. Los procesos de control de calidad se aplican para detectar e identificar los errores que ocurren durante la adquisición, manipulación, formato, transmisión y archivado de los datos (Aguilar et al., 2005).

Adicionalmente, la prueba de homogeneidad de datos es una técnicas muy eficiente para identificar la discontinuidad o puntos de quiebre ("break points") en las series de datos. Muñoz y Torres (2013), establecen que antes de proceder con cualquier análisis de datos, es de suma importancia garantizar que los datos posean un adecuado control de calidad y que las series de tiempo de las estaciones a analizar estén homogeneizadas, para lo cual, en el presente trabajo se empleó el software RHTest V4.

En la presente investigación, el primer paso realizado fue la homogeinización de los datos con el software RHTest V4 para seleccionar la estaciones climatológicas con las que se trabajaría posteriormente

4.2 Detección de la señal de cambio climático

Para cumplir el primer objetivo de la investigación que consiste en Identificar la señal de cambio climático de la Región Tierra Caliente, se trabajó con el software CLIC-MD, el cual es un sistema de análisis de datos empleado para el monitoreo regional y local del cambio climático, desarrollado por Bautista, y colaboradores.

(2011), en el Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental y Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México.

CLIC-MD identifica las tendencias de cambio climático a nivel local mediante la aplicación del índice de correlación y la prueba de Mann-Kendall; trabaja con los parámetros de temperatura máxima, temperatura media, temperatura mínima, precipitación y evapotranspiración en mm/día. Primero se seleccionaron los elementos del clima a los que se les aplicó la prueba de tendencia de Mann-Kendall. El resultado del análisis arrojó los siguientes parámetros: desviación estándar (S), varianza (Var), número de casos de la serie de datos analizados (N) y el valor de Z estandarizado (Zstd).

4.2.1 Coeficiente de correlación de Mann-Kendall

La prueba de Mann-Kendall (MK) es estadística no paramétrica. Se usa para identificar las tendencias de cambio no lineales de una serie de datos en iguales intervalos de tiempo, en este caso los cambios de los elementos del clima que no presentan distribución normal (Bautista et al., 2011).

El procedimiento de la prueba de MK se inició mediante la comparación del dato más reciente de la serie de tiempo con los resultados anteriores. Una puntuación de 1 se da si la concentración más reciente es más grande, o una puntuación de -1 si es más pequeña. La puntuación total de la serie de datos es la estadística de MK, que se compara con un valor crítico para comprobar si la tendencia va en aumento, disminuye o si no existe cambio (Carlón y Mendoza 2007; Castañeda y González 2008).

El proceso de análisis se realizó de la siguiente manera:

1. Los pares de datos n $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots (x_n, y_n)$ son indexados de acuerdo a la magnitud del valor de x , tal que $x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_n$ y y_i es el valor de la variable dependiente que corresponde a x_i .
2. Al examinar los todos los $n(n-1)$ pares / 2 ordenada de valores y_i . Sea P de número de casos en $y_i > y_j$ ($i > j$), y Sea M el número de casos en los $y_i < y_j$ ($i > j$).

3. Por definir las estadísticas de prueba $S = P - M$.

4. Para $n > 10$, se realiza la prueba utilizando una aproximación normal. La estadística de las pruebas estandarizadas Z se calcula:

$$Z = \begin{cases} \frac{S - 1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ \frac{S + 1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & S < 0 \end{cases} \quad \text{Var}(S) = n(n - 1)(2n + 5)/18$$

La hipótesis nula se rechaza al punto de significación α si $|Z| > Z(1-\alpha)/2$, donde $Z(1-\alpha)/2$ es el valor de la distribución normal estándar con una probabilidad de superación de $\alpha/2$. Por ejemplo, si $\alpha = 0,05$, entonces la hipótesis nula sería rechazado por $|Z| > 1.96$. En los casos en que algunas de las x o valores y se atan, esta fórmula para $\text{Var}(S)$ es modificada. Si el tamaño de la muestra es menor que 10, entonces es necesario el uso de tablas para el estadístico S .

El coeficiente de correlación τ de Mann-Kendall se define como:

$$\tau = \frac{S}{\frac{n(n-1)}{2}}$$

Al igual que con otros tipos de coeficientes de correlación, τ sólo puede tomar valores entre -1 y 1 , su signo indica el signo de la pendiente de la relación, y el valor absoluto indica la fuerza de la relación.

Debido a que la prueba se utiliza sólo las filas de los datos, puede aplicarse incluso en los casos en que algunos de los datos no se tengan. Esta es una característica importante de la prueba para su aplicación en la climatología. Cuando faltan valores en una serie de datos se introduce una corrección en la fórmula de la varianza (S), en la cual los valores faltantes se anudan, la fórmula es:

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^n t_i(i-1)(2i+1)}{18}$$

Donde t_i , es el número de vínculos de extensión i .

La prueba no puede ser aplicada cuando existen múltiples umbrales de rechazo de la hipótesis nula en el conjunto de datos ya que los valores no pueden ser clasificados de forma ambigua (Hirsch et al., 1993).

En este caso las particularidades de la prueba de MK son: a) la prueba no tiene en cuenta la magnitud de los datos; b) es menos sensible a los datos extremos; c) no tiene en cuenta la variación temporal en los datos de tal manera que no podemos obtener la magnitud de la tendencia; y d) los datos deben estar libres de estacionalidad. Cuando los datos son estacionales se recomienda usar las temperaturas extremas en lugar de las medias (Bautista et al., 2011).

Al final del análisis si $Z > 1.96$ entonces hay significancia estadística para las serie de datos; es decir, hay tendencia. Un valor positivo de Z indica una tendencia ascendente; un valor negativo indica una tendencia descendente en la serie de datos. Un resultado de no tendencia no equivale a una serie de datos estable, equivale a una tendencia no detectada con esta prueba. Un resultado de tendencia de disminución o aumento de la prueba MK es una conclusión más sólida que la no tendencia. Cabe mencionar que a menos datos disponibles, es menos confiable el resultado de la prueba de MK.

4.3 Tendencias en la precipitación

Para las proyecciones de precipitación se trabajó con los datos homogeneizados con RHtestV4, lo que permitió realizar un diagnóstico de homogeneidad de los datos de manera accesible con base en pruebas estadísticas específicas (Wang y Feng 2007).

La primera parte del análisis de los datos fue transformar los datos de la escala diaria a escala mensual, para ello se trabajó con la función “Transform data” y de esta forma se generaron los archivos mensuales de interés. Posteriormente se seleccionó la función FindU para probar la homogeneidad de las series mensuales de precipitación sin incluir series de referencia, y se revisaron los gráficos del archivo PDF para revisar que no existieran puntos de quiebre en la serie (break point); subsecuentemente se exportaron los datos al

programa estadístico Statistica 7 para obtener los gráficos y las ecuaciones de la tendencia en el tiempo.

4.4 Escenarios de cambio climático de LARS-WG, V. 4.0

De acuerdo con Rötter y colaboradores (2002), hablar del clima es referirse a sistemas complejos; el comportamiento histórico con sus correspondientes eventos deja ver en las tendencias, lo cual permite realizar pronósticos a corto y mediano plazo con cierto grado de certidumbre, sin embargo, hablar del futuro en materia climática, es hablar de probabilidad, lo cual es uno de los grandes retos de la ciencia; en este sentido, se han construido modelos que generan escenarios a mediano y a largo plazo (Conde & Gay, 2008).

Por otra parte, es importante comentar que no necesariamente la tendencia histórica definirá la tendencia futura, pero permitirá identificar trazas o señales de un cambio climático local, además, de establecer la línea base para definir el grado de anomalía (Martínez & Fernández, 2004).

No obstante, hablar de escenarios es hacer referencia al futuro, lo que significa tomar acciones en el presente para resolver anticipadamente problemas que pudieran surgir en el futuro; la factibilidad de un escenario depende en buena parte del suministro de información disponible. Dentro del conjunto futuro del universo de posibilidades es factible identificar algunos subconjuntos cuyas características los hacen más deseables, más probables o más logrables. Puede o no ocurrir; es probable; para lo cual hacer un modelo ayuda a la toma de decisión importantes para el diseño de política pública (Meehl et al., 2007).

LARS-GW es un generador estocástico de tiempo meteorológico empleado para generar escenarios de cambio climático a escala regional con información diaria, bajo condiciones de clima presente y futuro (Semenov & Barrow, 2002); genera datos diarios de tiempo de un sitio particular con las mismas características estadísticas de la serie real de la estación (Semenov et al., 1998)

De acuerdo con Semenov y Stratonovitch (2010), LARS-WG utiliza una distribución semiempírica (SED por sus siglas en inglés) para aproximarse a las distribuciones de probabilidad de las series secas y húmedas, precipitación diaria,

temperaturas mínima y máxima y la radiación solar donde la SED se define como la función de distribución de probabilidad acumulativa. Para cada variable climática (v), un valor de la variable climática v_i correspondiente a la probabilidad p_i y se calcula de la siguiente forma:

$$v_i = \min\{v: P(v_{\text{obs}} \leq v) \geq p_i\} \quad i = 0, \dots, n$$

Donde:

$P()$ denota la probabilidad basada en los datos observados $\{v_{\text{obs}}\}$.

Para cada variable climática, los valores p_0 y p_n se fijan como $p_0=0$ y $p_n=1$, con valores correspondientes de $v_0 = \min\{v_{\text{obs}}\}$ y $v_n = \max\{v_{\text{obs}}\}$.

Para aproximar los valores extremos de una variable climática con precisión, LARS-GW asigna algunos p_i como 0 para los valores extremadamente bajos y 1 para los valores más altos; los valores restantes de p_i se distribuyen uniformemente en la escala de probabilidad.

Para el presente análisis se empleó la herramienta LARS-WG versión 4.0; primero se calibró el modelo LARS-GW analizando las características estadísticas de los datos observados diarios 1961-1990, después se generaron las muestras diarias (30 años) bajo cambio climático a partir de los parámetros estadísticos que se obtuvieron de la calibración y utilizando el archivo de datos de escenarios mensuales según la celda del modelo multiensamble al que corresponde cada estación. Finalmente, LARS-WG construyó las series sintéticas futuras para la climatología 2025, 2050 y 2075 bajos los escenarios de emisiones A2 y A1B.

Para proyectar los escenarios de cambio climático en la presente investigación fue necesario realizar un análisis de control de calidad de datos, adicional a la revisión que ya se había realizado al inicio, con la finalidad de conservar el mismo formato estándar de escritura para todas las estaciones climatológicas y no exista ningún problema en el momento de correr los datos; posteriormente, se proyectaron los escenarios de cambio climático de las temperaturas máxima y mínima.

Sin embargo, una vez realizadas las pruebas de calidad de las estaciones meteorológicas, solo nueve de las dieciséis estaciones meteorológicas pasaron la prueba de calidad de datos que cumplieran con los requerimientos necesarios para trabajar con LARs; la tabla 10 presenta los datos generales de cada estación climatológica seleccionada. Los resultados de las proyecciones de temperatura de los datos de las estaciones meteorológicas analizados con la herramienta LARS-WG versión 4.0 se presentan bajo los escenarios 2025, 2050 y 2075, donde se generó una tabla con los valores de cambio climático para cada escenario. Los datos de la tabla de los valores de cambio climático se generaron por percentiles (5, 25, 75 y 95).

Tabla 10. Características de las estaciones meteorológicas del área de estudio

Estación	Nombre	Municipio	Org. operador	Longitud	Latitud	Altitud	Situación
16051	La Caimanera	Huetamo	CONAGUA-SMN	-100.90	18.63	300	Operando
16059	Los Pinzanes	Huetamo	CFE	-100.89	18.46	305	Operando
16075	Huetamo	Huetamo	CFE	-101.10	18.54	372	Operando
16049	Etúcuaro	Madero	CONAGUA-SMN	-101.22	19.38	1612	Suspendida
16109	San Diego Curucupatzeo	Madero	CONAGUA-SMN	-101.18	19.33	1020	Operando
16123	Tacámbaro	Tacámbaro	CONAGUA-SMN	-101.46	19.24	1640	Operando
16133	Turicato	Turicato	CONAGUA-DGE	-101.42	19.05	740	Operando
16139	Villa Madero	Madero	CONAGUA-SMN	-101.27	19.40	2227	Suspendida
16140	Villa Madero	Madero	CFE	-100.28	19.39	2134	Suspendida

Fuente: Elaboración propia con datos del CLICOM.

4.4.1 Selección de los escenarios de cambio climático de LARS-WG, V. 4.0

En México existen dos fuentes de información de escenarios de cambio climático generados con modelos dinámicos de clima regionales; uno, es el Modelo Japonés desarrollado por el Meteorological Research Institute (MRI), con el cual se han generado proyecciones de cambio de clima con escalas espaciales de 22 x

22 km. Dicha información ha sido de gran utilidad para analizar algunos de los procesos que resultarán en México bajo un clima más cálido. También se dispone de una salida construida con el modelo PRECIS para la región de México, Centroamérica y el Caribe, desarrollada con información del modelo HadCM3 del Centro Hadly. Para la generación de los escenarios de LARS-GW se tomaron en cuenta las salidas de los modelos utilizados para el Cuarto Informe de Evaluación (AR4) del IPCC¹⁹, con una resolución de 50x50 km (Conde & Gay, 2008), (figura 29).

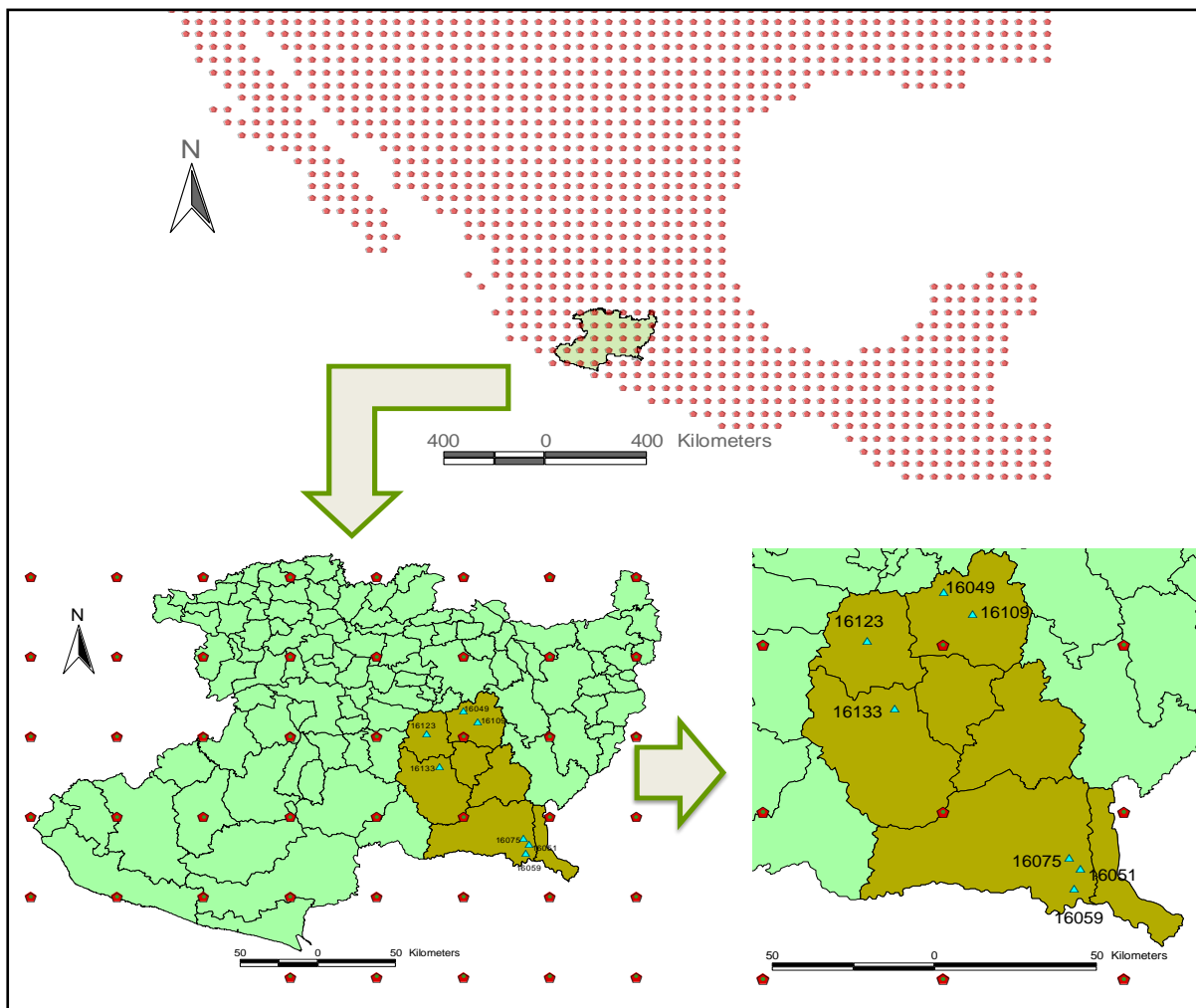


Figura 29. Selección de los escenarios de cambio climático para el análisis de LARs
Elaboración propia con datos de la cartografía del cambio climático para México IPCC (AR4).

¹⁹ La información para la proyección de los escenarios fue obtenida del Data Distribution Center, <http://www.ipcc.ch>.

En la presente investigación se trabajó con los escenarios de emisiones A2 y A1B en el periodo 2000-2099 para proyecciones futuras; la primera parte del análisis consistió en identificar los escenarios climáticos (coordenadas X y Y) más cercadas a cada estación climatológica seleccionada, es decir, se tomó como referencia el pixel más cercano tal como se muestra en la figura 29.

La tabla 11 presenta los escenarios climáticos seleccionados (coordenadas X y Y) con los cuales se realizó el análisis de LARS-GW; al finalizar el análisis, se obtuvieron los archivos de datos B25WG.st, B50WG.st, B25WG.st, C25WG.st, C50WG.st y C75WG.st para cada estación estudiada; tres bajo el escenario A2 y tres bajo el escenario A1B. Ambos escenarios proyectados bajo los horizontes de tiempo 2025, 2050 y 2075.

Tabla 11. Escenarios climáticos seleccionado para las proyecciones de LARs

Estación	Nombre	Municipio	Escenarios climáticos	
			X	Y
16051	Huetamo			
16059	La Caimanera (CFE)	Huetamo	-100.25	18.75
16075	Los Pinzanes (CFE)			
16133	Turicato	Turicato	-102.75	19.75
16109	San Diego Curucupatzeo			
16049	Etúcuaro	Madero		
16140	Villa Madero (CFE)		-101.25	19.25
16139	Villa Madero			
16123	Tacámbaro	Tacámbaro		

Fuente: Elaboración propia con datos de la cartografía del cambio climático para México.

Los parámetros obtenidos fueron los siguientes: temperatura máxima, percentil 95, percentil 75, mediana, percentil 25, percentil 05 y temperatura mínima. Se elaboró una tabla con los valores de cambio climático y los diagramas de caja "box plots".

Al finalizar el análisis de LARS, se obtuvieron seis escenarios climáticos para cada estación estudiada; tres bajo el escenario A2, el cual describe un

planeta muy heterogéneo; la población mundial se mantiene en continuo crecimiento. El crecimiento económico por habitante, así como el cambio tecnológico están más fragmentados y son más lentos que en otros escenarios posibles. Sería casi una proyección lineal del actual comportamiento de la actividad humana; además se obtuvieron tres escenarios climáticos para el escenario A1B caracterizado por tener prioridad económica global, convergencia económica global, emisiones media alta y rápido crecimiento económico, tecnologías eficientes, se tiene balance entre energías fósiles y no fósiles. Ambos escenarios se proyectaron bajo los horizontes de tiempo 2025, 2050 y 2075.

Los archivos B25WG.st, B50WG.st, B25WG.st, C25WG.st, C50WG.st y C75WG.st de cada estación climatológica fueron analizados por parámetros. Para la temperatura mínima y máxima se obtuvieron las siguiente cuantificaciones: temperatura máxima, percentil 95, percentil 75, mediana, percentil 25, percentil 05 y temperatura mínima. Finalmente se elaboró una tabla con los valores de cambio climático y los diagramas de caja, también llamados "box plots".

Los resultados se presentan en diagramas de caja, ya que permiten visualizar los datos en su conjunto; este tipo de diagramas están basados en cuartiles, y es compuesto por un rectángulo, la "caja", y dos brazos; suministra información sobre los valores mínimo y máximo, los cuartiles 1, el cuartil 2 o mediana y el cuartil 3, y sobre la existencia de valores atípicos y extremos. El cuartil 1 es el valor por debajo del cual queda un cuarto de los datos (25%), el cuartil 2 es el valor de la mediana, y el cuartil 3, es el valor por debajo del cual quedan las tres cuartas partes (75%) de los datos (Montenegro, 2009).

Magaña (2010), menciona que los diagramas de caja son muy útiles en las proyecciones del clima futuro, debido a que representan variables que presentan una gran desviación de la distribución normal, logrando que los valores extremos y atípicos sobresalgan del conjunto de los datos, lo que permite identificar el cambio en las condiciones extremas de cada una de las variables (Magaña, 2010).

4.5 Detección de peligro

Para determinar la probabilidad de que se incremente el peligro y que aumente el número de días secos consecutivos, se trabajó los datos climáticos con el software R-Climdex para identificar la tendencia (creciente o decreciente) del número de días secos consecutivos y el número de días en que la temperatura máxima supera el promedio de las máximas de cada estación climatológica.

4.5.1 Índices climáticos de R-ClimDex

R- ClimDex²⁰ que es un programa basado en Microsoft Excel, que proporciona un paquete computacional para el cálculo de índices de extremos climáticos para monitorear y detectar cambio climático (Saavedra, 2009); el software fue desarrollado en el año 2001 por Byron Gleason del National Climate Data Centre (NCDC) de NOAA y usado en talleres CCI/CLIVAR sobre índices climáticos desde el 2001 (Vázquez, 2010).

R-ClimDex trabaja desde la plataforma de R como siendo una plataforma caracterizada por ser robusta para los análisis estadísticos y con la ventaja de que puede ser ejecutado tanto en ambientes Windows y Macintosh (Zhang y Feng).

R-ClimDex calcula 27 índices básicos recomendados por el equipo de expertos del “Climate Change Detection Monitoring and Indices” (ETCCDMI) así como otros índices de temperatura y precipitación con límites definidos por el usuario. Los indicadores generados se presentan en la (Tabla 12), mismo que fueron agrupados de acuerdo a su naturaleza, es decir, en el primer grupo los indicadores asociados al comportamiento de la precipitación y de eventos extremos de lluvia, en un segundo grupo el indicador que representa el rango entre la temperatura máxima y la temperatura mínima, en un tercer grupo los indicadores asociados al comportamiento de la temperatura mínima (temperatura en la noche), y finalmente los asociados al comportamiento de la temperatura máxima (temperatura en el día).

²⁰ R-Climdex es un software libre disponible en <http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDI/software.shtml>

Tabla 12. Indicadores generados por el programa R-ClimDex

Código	Indicador/ (Unidad)	Descripción de los indicadores	Naturaleza del indicador	
1	CDD (Días)	Mayor número de días secos consecutivos en un año	Asociados al comportamiento de la precipitación y de eventos extremos de lluvia	
2	CWD (Días)	Mayor número de días húmedos consec. en un año		
7	PRCTOT (mm)	Precipitación total al año		
8	R10mm	Número de días en un año con lluvia mayor a 10mm		
9	R20mm (Días)	Número de días en un año con lluvia mayor a 20mm		
10	R40mm (Días)	Número de días en un año con lluvia mayor a 40mm		
11	R95P (mm)	Número de días en un año con lluvia mayor al percentil 95 para los días húmedos (Precip. > 1,0mm) Número		
12	R99P (mm)	Número de días en un año con lluvia mayor al percentil 99 para los días húmedos (Precip. > 1,0mm) Máximo anual de precipitación en 1 día		
13	RX1day (mm)	Máximo anual de precipitación en 1 días consecutivos		
14	RX5day (mm)	Máximo anual de precipitación en 5 días consecutivos		
15	SDII (mm/día)	Precipitación total anual /días con lluvia al año con (Prec. > 1,0mm)		
3	DTR (°C)	Diferencia media mensual entre la Temperatura. Máxima. y la Temperatura. Mínima		El rango entre la T máx. y la T min
4	FD__ (Días)	Número de días al año cuando la temperatura mínima es menor al rango bajo de la Temperatura Mínima. (Equivalente al percentil 33)		Asociados al comportamiento de la temperatura mínima (temperatura en la noche)
6	ID__ (Días)	Número de días al año cuando la temperatura mínima es mayor al rango alto de la Temperatura Mínima (Equivalente al percentil 66)		
18	TN10P (Días)	Noches frías: % de días con Temperatura Mínima. menor al Percentil 10 Noches		
19	TN90P (Días)	Noches calientes: % de días con Temperatura Mínima mayor al Percentil 90		
22	TR20 (Días)	Noches calientes (2): Días al año cuando la temperatura mínima diaria es mayor a 20°C		
20	TNN (°C)	Temperatura nocturna mínima: Valor mensual mínimo de la temperatura mínima diaria		
21	TNX (°C)	Temperatura nocturna máxima: Valor mensual máximo de la temperatura mínima diaria		
28	CSDI (Días)	Conteo anual de días (por lo menos 6 días consecutivos) en que la temperatura mínima (TN) < percentil 10 (duración de períodos fríos)		
16	SU25 (Días)	Días al año con Temperaturas máximas mayor a 25°C	Asociados al comportamiento de la temperatura máxima (temperatura en el día)	
23	TR__ (Días)	Número de días al año cuando la temperatura máxima es menor al rango bajo de la Temperatura Máxima (Equivalente al percentil 33)		
17	SU__(Días)	Número de días en un año cuando la temperatura máxima es mayor al rango alto de la Temperatura Máxima. (Equivalente al percentil 66)		
24	TX10P (Días)	Días fríos: % de días con Temperatura Máxima menor al percentil 10		
25	TX90P (Días)	Días calientes: % de días con Temperatura Máxima mayor al percentil 90		
26	TXN (°C)	Temperatura diaria mínima: Valor mensual mínimo de la temperatura máxima diaria		

27	TXX (°C)	Temperatura diaria máxima: Valor mensual máximo de la temperatura máxima diaria
29	WSDI (Días)	Conteo anual de días (por lo menos 6 días consecutivos) en que la temperatura máxima (TX) > percentil 90 (duración de períodos calientes)

Fuente: Modificado de Zhang y Feng (2004).

4.5.2 Tratamiento de los índices generados por R-ClimDex

Después de cargar los datos diarios de precipitación y temperatura máxima y mínima al programa R-ClimDex, se realizó el control de calidad (CC) de los datos (prerrequisito para el cálculo de los índices), el cual consta de un CC interno del software y un CC realizado por el usuario; encontrándose que el CC interno de R-ClimDex desarrolla el siguiente procedimiento:

- a) Reemplaza todos los datos faltantes (actualmente codificados como -99.9) en un formato interno que reconoce la plataforma de R;
- b) Reemplaza todos los valores no razonables por NA. Estos valores incluyen: cantidades de precipitación diarias menores que cero, y temperatura máxima diaria menor que temperatura mínima diaria.

El control de calidad de datos que se realizó manualmente consistió en: identificar los valores extremos (“outliers”) en temperaturas diarias máximas y mínimas. Los valores extremos son valores diarios que se encuentran fuera de los rangos establecidos para una región definida por el usuario. Se seleccionó la media +4, 3.5 y 3,0 desviaciones standard típicas para marcar los datos incongruentes de temperatura, para posteriormente definir si se aceptan o se eliminan los datos.

4.5.3 Número de días secos consecutivos en un año

Para determinar la probabilidad de que se incrementen el peligro, determinado como el número de días secos consecutivos, se trabajó con el indicador de R-Climdex-CDD del Grupo de Expertos en Detección e Índices de Cambio Climático²¹ (ETCCDI por sus siglas en inglés) asociado al comportamiento de la

²¹El Grupo de Expertos en Detección e Índices de Cambio Climático fue formado conjuntamente por la OMM, el proyecto de variabilidad climática y la Comisión Conjunta de Oceanografía y

precipitación y de eventos extremos de lluvia de acuerdo con lo documentado por Zhang y Yang (2004).

El índice CDD se obtiene de con la siguiente fórmula:

$$RR_{ij} < 1mm$$

Donde:

RR_{ij} = Es la cantidad diaria de precipitación en el día en el periodo j .

i = Es el número mayor de días consecutivos que no reporta precipitación

4.5.4 Número de días con temperaturas máximas mayor a 25°C

Para conocer la probabilidad de que se incremente el peligro y que aumente el número consecutivos en la RTC se trabajó con el índice SU25 (número de días al año con temperaturas máximas mayor a 25°C) de R-ClimDex, para lo cual fue necesario modificar el parámetro para trabajar con las estaciones climatológicas de Huetamo, debido a que los 365 días del año la temperatura máxima supera los 25 °C, por lo tanto se trabajó con los valores de las normales climatológicas reportadas por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN-CONAGUA).

$$Tx_{ij} > 25^{\circ}C$$

Donde:

Tx_{ij} = La temperatura máxima diaria en el día periodo j .

4.6 Amenaza de sequía

La vulnerabilidad ante las sequías está en relación inversa al grado de desarrollo social y económico de las áreas afectadas: en tanto que para los países

Meteorología Marítima. Propusieron un conjunto de índices de cambio climático útiles en la detección y el monitoreo de cambios en los extremos del clima (Peterson, 2005).

más desarrollados la sequía rara vez representa una amenaza severa, debido a que disponen de los medios económicos, estructurales y no estructurales para afrontarla; en los de menor desarrollo una sequía es frecuentemente sinónimo de hambre, desastre y más pobreza, situaciones en las que los habitantes difícilmente poseen elementos para mitigar los estragos. Por supuesto, existen áreas más vulnerables ante las sequías, que además de definirse por su situación geográfica, también están caracterizadas por la densidad demográfica y la intensidad de la actividad económica, es decir, por la relación oferta-demanda de agua (Postel, 1992).

En la presente investigación se empleó el índice de precipitación estandarizada para estimar el riesgo de sequía hidrometeorológica a partir de los datos históricos de precipitación acumulada de las estaciones seleccionadas de la RTC; se trabajó con las estaciones meteorológicas de los municipios de Huetamo, Turicato, Madero y Tacámbaro para caracterizar la sequía. Los resultados se organizaron en una tabla donde se especifica el índice de precipitación estandarizada, la probabilidad de no excedencia y probabilidad de ocurrencia, además, se generaron los gráficos donde se visualizaron las sequías históricas de la RTC.

4.6.1 Índice de precipitación estandarizada (SPI)

El índice de precipitación estandarizado (SPI, por sus siglas en inglés) fue desarrollado por McKee y colaboradores (1993); el SPI es la diferencia de precipitación observada de un período de tiempo especificado menos la media del mismo periodo, dividido por la desviación estándar de la serie de datos. Una desventaja al trabajar con registros de precipitación, es que los datos no presentan una distribución normal, de ahí la ventaja al trabajar con datos estandarizados. Al final, el resultante del cálculo de precipitación estandarizada es linealmente proporcional al déficit de precipitación y permite especificar la probabilidad y el déficit de precipitación acumulada (McKee et al., 1993).

En la actualidad, el SPI es una herramienta ampliamente utilizada en el US National Drought Mitigation Centre para el análisis de la sequía, no obstante, puede ser aplicado universalmente para comparar sequías de diferentes regiones del mundo (Heim, 2002). Debido a que la sequía es un problema ocasionado por el déficit hídrico en un período de tiempo, el hecho de que se presenten algunos meses lluviosos no significa que la sequía haya terminado. El déficit de precipitación tendrá diferentes impactos dependiendo del periodo de tiempo en que este ocurra (meses o años); los valores del SPI variarán dependiendo de la duración de la sequía.

El SPI puede ser calculado para diferentes periodos de tiempo, lo cual permite determinar el tipo de sequía de la cual se trate (Hayes, 2006). El SPI puede proporcionar información acerca de la probabilidad del retorno de sequías, basado en el déficit de precipitación en proporción a la normal climatológica (Byun y Wilhite, 1999). Una de las ventajas que ofrece el SPI es que es probabilístico y puede ser utilizado en la toma de decisiones en los análisis de riesgo, debido a que no se ve afectado por las condiciones topográficas que alteran los patrones de precipitación y no depende de las condiciones de humedad del suelo, por lo que puede ser usado efectivamente tanto en primavera como en verano (Lloyd-Hughes y Saunders, 2002).

El SPI es un índice fácil de calcular, ya que solo se requieren los datos de precipitación para la evaluación de la sequía meteorológica (Byun y Wilhite, 1999). Las ventajas potenciales de modelar la sequía utilizando el SPI son muy claras, ya que actualmente es ampliamente empleado en las de 60 países además del National Data Climatic Center (NCDC), y otros estados de los EE.UU. (Wu et al., 2005).

El cálculo del SPI consiste en la estandarización de la precipitación para las series de datos disponibles, con la siguiente fórmula:

$$SPI = \frac{X_m - \mu_m}{\sigma_m}$$

Donde:

X = Precipitación observada;
 μ = Media de la precipitación observada;
 σ = Desviación estándar
 m = Meses

Al igual que la mayoría de los índices, el SPI presenta ciertas limitaciones, la más importante es la cantidad y la calidad de los datos empleados en el análisis, McKee y colaboradores (1993) recomiendan periodos de al menos 30 años, ya que los valores del SPI variarán dependiendo del tamaño de las series de precipitación por lo que es conveniente analizar series del mismo tamaño en el estudio.

Los resultados del análisis del SPI son útiles para determinar cuándo inicia y cuándo termina un periodo de sequía, es decir, la duración de la misma, por ejemplo, McKee y colaboradores (1993) definen los eventos de sequía cuando los valores del SPI es continuamente negativo y registran valores de -1 o menores. La probabilidad acumulada hace referencia al riesgo de ocurrencia de una sequía, reflejada en las precipitaciones (DICTUC, 2009).

La tabla 13 muestra las categorías de sequía propuestas por McKee y colaboradores (1993), donde se emplearon siete rangos por estación en valores distintos para cada caso. Los rangos fueron: Muy húmedo, Húmedo, Normal, Seco, Muy seco y Extremadamente seco con valores que van de 2.05 extremadamente húmedo a -2.05 extremadamente seco.

Tabla 13. Categorías del SPI propuestas por McKee

Rango de valores SPI	Categoría
$2.0 \geq$	Extremadamente húmedo
1.5 a 1.99	Muy húmedo
$-2.0 \leq$	Extremadamente seco
1.00 a 1.49	Moderadamente húmedo
-0.99 a 0.99	Cercano a lo normal
-1.0 a -1.49	Moderadamente seco
-1.5 a -1.99	Muy seco

Fuente: Elaboración propia con información de McKee y colaboradores (1993).

No obstante, la clasificación propuesta por McKee y colaboradores (1993) consideran rangos muy amplios entre cada categoría, es por eso que Lloyd-Hughes y colaboradores (2002) propusieron una clasificación de once categorías en los mismos rangos de valores SPI propuestos por McKee y colaboradores (1993).

Técnicamente, el SPI se calcula ajustando la distribución de frecuencia de la precipitación de una estación climatológica, en la escala de tiempo de interés, con una función teórica de densidad de probabilidad. La figura 30 muestra el proceso de la estandarización de los datos de precipitación para cada estación y la obtención del SPI.

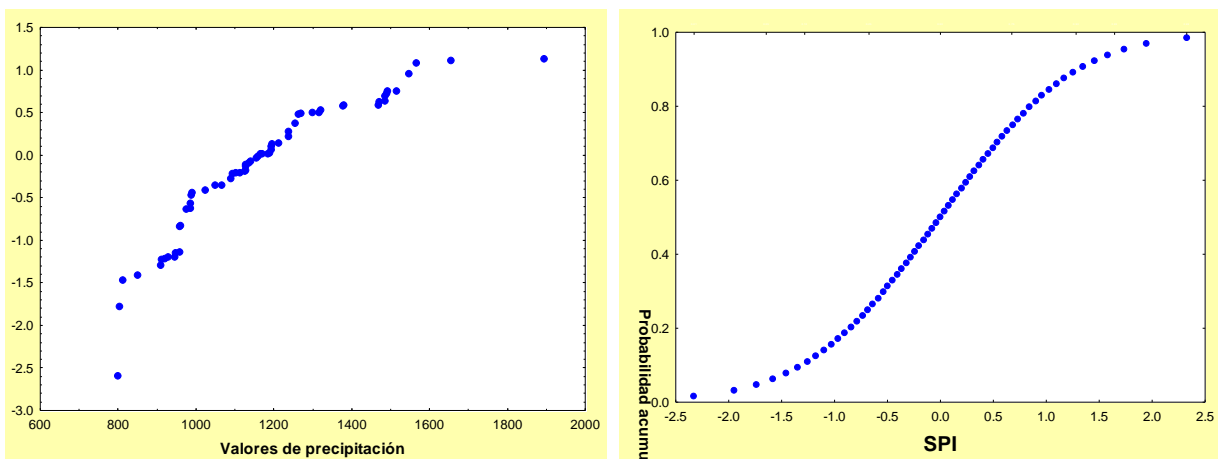


Figura 30. Proceso de estandarización de datos para la obtención del SPI

Fuente: Elaboración propia modificado de Lloyd-Hughes y Saunders (2002).

De acuerdo con, Lloyd-Hughes y colaboradores (2002), la función más apropiada para este ajuste es la distribución Gamma, ya que aunque no es óptima en las zonas de muy poca precipitación, debido a que no se encuentra definida para valores de la variable iguales a cero. La función de densidad es luego transformada a una distribución normal estandarizada (con media igual a cero y varianza igual a uno), siendo el SPI el valor resultante de esta transformación.

El SPI representa el número de desviaciones estándar en que el valor transformado de la precipitación se desvía del promedio histórico (el cual queda representado por valores cero). Los valores negativos del SPI representan déficit

de precipitación y, contrariamente, los valores positivos indican que la precipitación ocurrida ha sido superior al promedio histórico.

El Sistema Meteorológico Nacional (SMN)²² se apoya en el Monitor de Sequía en México (MSM) que a su vez forma parte del Monitor de Sequía de América del Norte (NADM) para el monitoreo de sequía, mismo que utiliza la clasificación de sequía propuesta por Lloyd-Hughes y colaboradores (2002). La Tabla 14 muestra la clasificación del SPI propuesta por Lloyd-Hughes y colaboradores (2002).

Tabla 14. Clasificación del SPI propuesto por Lloyd Hughes

Valor de SPI	Condición
≥ 2.0	Excepcionalmente húmedo
1.60 a 1.99	Extremadamente húmedo
1.30 a 1.59	Muy húmedo
0.80 a 1.29	Moderadamente húmedo
0.51 a 0.79	Ligeramente húmedo
-0.50 a 0.50	Cercano a lo normal
-0.79 a -0.51	Ligeramente seco
-1.29 a -0.80	Moderadamente seco
-1.59 a -1.30	Muy seco
-1.99 a -1.60	Extremadamente seco
≤ -2.0	Excepcionalmente seco

Fuente: Elaboración propia con información de Lloyd Hughes y colaboradores (2002).

Se calculó el SPI de siete estaciones climatológicas de los municipios de Huetamo, Turicato, Madero y Tacámbaro para identificar las sequías históricas y caracterizar la intensidad de las mismas. En el presente trabajo se decidió trabajar con la clasificación del SPI de Lloyd-Hughes y colaboradores (2002), en la elaboración del modelo de riesgo propuesto donde se considera a la sequía como la principal amenaza en la RTC.

²² El SMN es la dependencia oficial del Gobierno Mexicano encargada de proporcionar información meteorológica (estado del tiempo) y climatológica. Para ello utiliza las redes de observación tales como estaciones automáticas, observatorios sinópticos, radares, estaciones de radiosondeo y estaciones receptoras de imágenes de satélite. Los datos están disponibles en la página de internet <http://smn.cna.gob.mx>.

4.6.2 Probabilidad de no excedencia

Los estudios para determinar las probabilidades de ocurrencia de distintos fenómenos se basan principalmente en las estadísticas que se tienen sobre la incidencia de los mismos. Los servicios meteorológicos, sismológicos, etc., realizan el monitoreo y llevan estadísticas de los fenómenos, de las que se pueden derivar estimaciones de probabilidad de ocurrencia (CENAPRED, 2001).

La distribución de la probabilidad, está relacionada con la distribución de frecuencias, es decir, es posible pensar que una distribución de probabilidad es una distribución de frecuencia teórica donde se espera que varíen los resultados (Badii & Castillo 2009).

La probabilidad de no excedencia, es un indicador representa la probabilidad acumulada en relación al período base para cada parámetro

$$P(x_i) = \frac{N + 1 - m}{N + 1}$$

estimado, o la probabilidad de que ocurran valores iguales o inferiores al evaluado. En términos prácticos, la probabilidad de no excedencia representa la probabilidad de que la cantidad de precipitación asociado al SPI no sea superado. Se calcula mediante la probabilidad observada $P(x_i)$ de la muestra, que se estima mediante la fórmula de Weibully se expresa de la siguiente manera:

Donde:

N = Número de datos

m = Número de orden que ocupa x_i en la serie de los datos, si se ordenan de mayor a menor

4.6.3 Periodo de retorno

El concepto de período de retorno en términos probabilísticos no implica que el proceso sea cíclico, o sea que deba siempre transcurrir cierto tiempo para que el evento se repita. Un periodo de retorno de 100 años para cierto evento significa,

por ejemplo, que en 500 años de los que hay datos históricos, el evento en cuestión se ha presentado cinco veces, pero que en un caso pudieron haber transcurrido 10 años entre un evento y el siguiente, y en otro caso, 200 años (CENAPRED, 2001).

El periodo de retorno también es denominado periodo de recurrencia (Tr); corresponde al intervalo medio expresado en años en el que un valor extremo alcanza o supera al valor "x", al menos una sola vez. Así, si la una sequía severa en un año para un periodo de retorno de 100 años correspondiera a un valor SPI de -2.3, significa que es posible que esa sequía intensa de -2.3 de una año dado se repita o sea superada por lo menos una vez en un siglo (INECC, 2009).

De acuerdo con Weibull (1939) referencia dada en Willson (1990) es posible

$$Tr(x_i) = \frac{1}{P(x_i)}$$

estimar el periodo de retorno de algún evento peligroso con la siguiente ecuación:

Dónde:

P = Es la probabilidad de no excedencia desde $x_1, x_2, x_3, \dots x_n$.

4.7 Costos económicos de la agricultura de temporal atribuibles al cambio climático

Al hablar de los costos atribuibles al del cambio climático, es necesario partir de la revisión del Informe Stern (2007), sobre la economía del cambio climático quien aborda la problemática desde una escala global. El principal aporte Informe Stern fue que el costo de actuar para reducir los impactos del cambio climático es menor que el costo de la inacción. Esta conclusión deriva de un análisis detallado del potencial, de los impactos del cambio climático y del conocimiento de las respuestas de mitigación y adaptación.

En México, la referencia sobre los costos del cambio climático es el trabajo coordinado por el Dr. Luis Miguel Galindo llamado "*La Economía del Cambio*

*Climático en México*²³, donde realizaron una estimación seria y fundamentada de los posibles costos económicos que el cambio climático antropogénico generará para nuestro país, en especial para aquellos sectores de la población que, por su condición de pobreza, son los más vulnerables.

En el presente estudio los eventos climatológicos extremos, principalmente la sequía, figuran como la principal amenaza en la producción agrícola tanto de riego como de temporal; partimos de la idea de que es posible cuantificar las pérdidas económicas de la producción agrícola de temporal atribuibles al cambio climático a través de un modelo que funciona bajo un serie de supuestos.

4.7.1 Supuestos del modelo de los costos económicos de la agricultura de temporal atribuibles al cambio climático

En la presente investigación se elaboró un modelo de los costos económicos atribuibles al cambio climático en la agricultura de temporal a partir de los datos disponibles de la producción agrícola de la RTC, 2003-2025, bajo los siguientes supuestos:

1) Los escenarios de cambio climático del IPCC son el punto de referencia; basados en modelos de circulación general de la atmósfera indican un aumento de temperatura y una reducción de la precipitación a futuro, lo cual se comprobó con los resultados de los escenarios climáticos regionales de la presente investigación.

2) Hay una tasa de crecimiento promedio de la actividad agrícola que se mantiene constante al 4%.

²³ “La Economía del Cambio Climático en México” es un estudio coordinado por el Dr. Luis Miguel Galindo Paliza, publicado en el año 2010. Realizado en la Facultad de Economía de la Universidad Nacional Autónoma de México, a petición de las Secretarías de Hacienda y Crédito Público y de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Contó con la participación del Centro Mario Molina, el Instituto Nacional de Ecología y el Centro de Estudios de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México. Los recursos financieros fueron otorgados por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, la cooperación internacional el Reino Unido y del Banco Interamericano de Desarrollo. También contó con el apoyo técnico del Banco Mundial y de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), de la Organización de las Naciones Unidas.

3) No hay mejoras tecnológicas en la producción, lo que implica que no se desarrollan procesos de reducción de los costos mediante mecanismos de innovación.

4) Las pérdidas económicas de la producción agrícola de temporal son atribuibles al cambio climático.

5) La región no determina los precios del mercado, sino que se ajusta a los precios del mercado internacional.

6) Se mantienen comportamientos habituales en cuanto a las prácticas agrícolas entre los productores agrícolas de temporal.

7) Las tasas anuales de crecimiento poblacional es constante al 0.62%.

8) La proyección económica para el escenario base toma como punto de partida los datos sobre la producción agrícola de temporal por municipio disponibles de SIAP-SAGARPA, del período 2003-2015.

10) No se consideraron las condiciones fenológicas de los cultivos considerados en el modelo.

11) Se mantiene el promedio de superficie agrícola de temporal y riego en la misma proporción que la actual.

12) El impacto económico del cambio climático se mide por la reducción de la producción agrícola de temporal.

13) Debido a la disponibilidad de información se trazó la línea base de la producción agrícola de 2003 al 2025

14) La variabilidad climática en la región manifestada en los últimos 87 años, (1923-2010) fue la referencia para el escenario 2025 propuesto en el presente modelo.

4.8 Vulnerabilidad social

La vulnerabilidad social se compone de dos elementos: 1) inseguridad e indefensión que experimentan las comunidades, familias e individuos en sus condiciones de vida a consecuencia del impacto provocado por algún tipo de

evento económico-social de carácter traumático; y 2) el manejo de recursos y las estrategias que utilizan las comunidades, familias y personas para enfrentar los efectos de ese evento (Pizarro, 2001).

Para evaluar la vulnerabilidad social de los pobladores de la RTC, se consideraron los indicadores presentados en la tabla 15.

Tabla 15. Indicadores para medir de la vulnerabilidad social

Variables	Indicadores	Composición	Fuente:
1. Desarrollo Humano (DH)	(Índice Desarrollo Humano)	IDH, promedio ponderado entre índice de escolaridad, esperanza de vida e ingreso por habitante	Navarro, <i>et. al.</i> 2008. El Desarrollo Humano en Michoacán
2. Pobreza (FGT)	(Índice FGT)	Línea de pobreza	Navarro, <i>et. al.</i> 2010.
3. Marginación (M)	(Índice de marginación)	Índice de marginación	CONAPO (2014)
4. Dependencia Económica (DE)	Tasa bruta de actividad económica y Coeficiente de Dependencia	% de la PEA en el total % de la PEA ocupada en el total	
5. Producto Interno Bruto Per Cápita (PIB)	PIB / Población	PIB municipal / población	INEGI, SIAP, CONAFOR, COMPECSA,
6. Distribución del Ingreso (DY)	Gini	Coeficiente de concentración	Navarro, <i>et. al.</i> 2010

Fuente: Elaboración propia

El Índice de Vulnerabilidad Social, determina los factores demográficos y socioeconómicos que atenúan o incrementan el grado de afección ante eventos de riesgo de las población, es decir, ayuda a definir quién está en riesgo y en qué grado puede verse perjudicado (IMTA, 2010); una vez que se obtuvo la información se realizó el procesamiento de manera análoga a la información sobre la vulnerabilidad, luego de estandarizar los indicadores se procedió a su operacionalización, como se aprecia en la tabla 16.

Tabla 16. Procesamiento para la normalización de la información del IVSO

Municipios	Indicadores de vulnerabilidad social				
	IDH	Marg.	FGT ²⁴	Dep_Econ	IVSO_st
Carácuaro					
Huetamo					
Madero					
Nocupétaro					
San Lucas					
Tacámbaro					
Turicato					

IDH = Índice de desarrollo humano

Marg- = Marginación

Pobreza_FGT = Índice de pobreza

Dep_Econ = Dependencia económica de la agricultura

IVSO_st = Índice de vulnerabilidad social estandarizado

Los indicadores que tienen una relación negativa, es decir aumentan la vulnerabilidad se denotan como negativos. En la sumatoria aquéllos municipios que obtengan valores más pequeños serán los de mayor vulnerabilidad y viceversa para aquéllos que obtengan los valores más altos, al respecto las variables con relación negativa restan puntuación. Luego de obtener los valores se agruparán por regiones, a la vez que se realizará un tratamiento estadístico para apreciar posibles comportamientos de agrupación y concentración o dispersión de la varianza con análisis de componentes principales y clusters, de la misma manera que a la información sobre vulnerabilidad agrícola.

4.9 Vulnerabilidad agrícola municipal de la Región Tierra Caliente

Para conocer el grado de vulnerabilidad agrícola municipal de la RTC, fue necesario probar que la economía regional mantiene una estrecha relación con la agricultura en los siete municipios de la Región Tierra Caliente de Michoacán, lo que significa que la agricultura participa de manera importante en la economía

²⁴ FGT es un índice ampliamente utilizado para cuantificar la incidencia de la pobreza desarrollado por Foster, Greer y Thorbeck (1984); es una fórmula econométrica utilizada por la Secretaría de Desarrollo Social que muestra la severidad de la pobreza en la medida en que se incluye una manera de incorporar medidas de distribución del ingreso (Tapia, *et al.*, 2001).

municipal y regional. El Anexo I presenta los indicadores para la obtención de la vulnerabilidad agrícola.

Se estimaron cuatro índices: el índice de Importancia de la Economía Agrícola (IIEA), muestran el impacto económico de la agricultura municipal. A su vez el IIEA se conformó con cuatro índices: el índice de especialización económica (IEE), el índice de concentración de la población en el sector primario (ICP), la Participación de la agricultura en la economía municipal (PAEM) y el índice de diversificación de las actividades económicas municipales (Idiv).

$$\mathbf{IIEA = (IEE * ICP * Am * Idiv)}$$

Donde:

IEE = Índice de especialización económica

ICP = Índice de concentración de la población en el sector primario

Am = Participación de la agricultura en la economía municipal

Idiv = Índice de diversificación de las actividades económicas municipales

*Los indicadores se obtuvieron del Censo Ejidal de INEGI (2007); SIAP-SAGARPA, tanto para superficies, como para cultivos. Los resultados fueron estandarizados y se integraron al Índice de Vulnerabilidad Económica del Impacto Agrícola (IVIEA).

4.9.1 Índice de especialización económica (IEE)

La teoría económica define la especialización económica como la producción de uno o pocos bienes y servicios, es decir, se refiere a cómo un individuo, una organización, un estado o un país concentra la producción de sus recursos en lugar de intentar producir y diversificar la venta de los mismos.

El índice de especialización económica, también conocido como índice de base económica regional, consiste en conocer el peso relativo de una actividad en la economía municipal y a la vez el mismo en la economía regional, la base para el cálculo es la siguiente:

$$IEE = \frac{\frac{V_{ij}}{\sum_i V_{ij}}}{\frac{\sum_j V_{ij}}{\sum_i \sum_j V_{ij}}}$$

Donde:

$$\begin{aligned} V_{ij} &= \text{VBP, PBT, IO o PB correspondiente al sector "i" en el municipio "j"} \\ \sum V_{ij} &= \text{VBP, PBT, IO o PB correspondiente al total del municipio "j"} \\ \sum_i V_{ij} &= \text{VBP, PBT, IO o PB correspondiente al total sectorial} \\ \sum_i \sum_j V_{ij} &= \text{Correspondiente al total estatal} \end{aligned}$$

Se puede apreciar el peso relativo de la actividad a evaluar tanto en el municipio; escala local; como en la región de comparación; escala estatal. El índice arroja valores entre cero e iguales o mayores a la unidad, cuando son superiores a la unidad se dice que la actividad es importante a escala regional; debido a que se constituye en una actividad de exportación, fuera de la región; que puede ser fuera del país o no necesariamente. La información requerida para la construcción del índice se genera por SIAP-SAGARPA, INEGI (cuentas estatales y censos económicos) y Comisión Nacional/Estatal Forestal. Éste índice tiende a complementarse con el Índice de Concentración de Mano de Obra (ICM).

4.9.2 Índice de concentración de la población en el sector primario ICP

El ICP se calcula conociendo la población ocupada en el sector primario por municipio, la población ocupada promedio, la población del sector "i" en el Estado y la población ocupada del Estado, y se expresa de la siguiente manera:

$$ICP = \frac{\frac{Poij}{Po_j}}{\frac{Poie}{Po_e}}$$

Donde:

$Poij$ = La población ocupada promedio del sector "i", en el municipio "j"

Po_j = La población ocupada promedio en el municipio "j"

$Poie$ = La población del sector "i" en el Estado

Poe = La población ocupada en el total en el Estado.

El ICP mide la cantidad relativa de población empleada según actividad económica. Las actividades con mayor proporción regional que las demás muestran valores superiores a la unidad. Se espera encontrar consistencia con el

IEE, en caso de que no suceda así, se tiene una desigual distribución sectorial del ingreso.

4.9.3 Índice de diversificación de las actividades económicas municipales (IDiv)

El IDiv muestra el grado de concentración de la economía local o regional en una o pocas actividades. Esta situación se conoce como falta de diversificación productiva y en esencia muestra que aquéllas regiones poco diversificadas se enfrentan a los riesgos que lleva la sobre-especialización o la concentración.

El cálculo consiste en una derivación del Índice de Herfindahl e Hirschman (IHH), para la economía regional, se calcula elevando al cuadrado la participación de cada actividad económica y restando la distribución ideal, participación equitativa. Los valores oscilan entre cero y uno, entre más cercano sea a la unidad es más concentrada la economía y viceversa.

Un índice de diversificación productiva comúnmente empleado consiste en calcular un cociente con las proporciones ideales, las proporciones de extrema concentración y las proporciones reales. Los resultados con signo negativo suelen denotar diversificación productiva y viceversa, entre mayor sea el valor, se aprecia una mayor concentración de la economía en pocas actividades económicas.

$$\text{IDiv} = \left[\frac{(\text{Ibp} - \text{Ibn})}{(\text{Ibdr} - \text{Ibnr})} \right]$$

Donde:

Ibp = Suma porcentaje de participación acumulado por actividades del municipio

Ibn = Suma del porcentaje de participación proporcional en el municipio

Ibpr = Suma porcentaje de participación acumulado por actividades del estado/región

Ibnr = Suma del porcentaje de participación proporcional en el estado/región

4.10 Índice de vulnerabilidad total: agrícola, social y económica (IVSE)

El IVSE es el resultado de la suma de los índices sociales, económicos y agrícolas anteriormente descritos.

IVSE = IVIMA + IVSO

Los resultados mostrarán aquéllos municipios de la RTC que presenten mayor vulnerabilidad social, económica y agrícola ante eventos extremos producto del cambio climático, debido a las condiciones socioeconómicas que presentan los productores.

La tabla 17 muestra una síntesis de la metodología empleada para el cálculo de la vulnerabilidad socioeconómica, producto de la combinación de información sobre: productores agrícolas (IVAM), participación de la agricultura en la economía municipal (IIEA) y la incorporación de variables sociales en el IVSO.

Tabla 17. Métodos para el cálculo del Índice de Vulnerabilidad Total

Carácuaro	Huetamo	Madero	Nocupétaro	S. Lucas	Tacámbaro	Turicato
<p>Índice de Vulnerabilidad Económica del Impacto Agrícola IVEIMA = IIEA*IVAM</p>						
<p>IIEA = Indicador de Importancia de la Economía Agrícola (Impacto económico de la agricultura municipal). Se procede a la estandarización de datos. <i>Donde:</i> IEE = Índice de especialización económica ICP = Índice de concentración de la población en el sector primario Am = Participación de la agricultura en la economía municipal Idiv = Índice de diversificación de las actividades económicas municipales</p>						
<p>Resiliencia = Avance de los productores agrícolas por municipio</p>						
<p>Componentes: Tecnicidad; Riego; Tracción; Instalaciones; Calidad de la superficie; Acceso a financiamiento</p>						
<p>Índice de Vulnerabilidad Social IVSO= (Índice de desarrollo humano) -(Índice de Pobreza, FGT)* (Marginación)- (Dependencia Económica)- (Marginación)+(PIB*1-GINI)</p>						
<p>Componentes: Índice de desarrollo humano; Índice de Pobreza, FGT; Marginación; Dependencia Económica; PIB*1; GINI</p>						
<p>Índice de Vulnerabilidad Total IVSE = IVEIMA + IVSO</p>						
<p>Componentes: -Índice de Vulnerabilidad Económica del Impacto Agrícola; -Índice de Vulnerabilidad Social</p>						
<p>Fuente: Elaboración propia</p>						

4.11 Exposición

La exposición es una variable influenciada por una amplia gama de procesos y factores sociales, económicos y culturales que no se han considerado debidamente, lo que dificulta las evaluaciones cuantitativas de sus tendencias futuras²⁵. Entre esos factores cabe destacar la riqueza y su distribución en la sociedad, la demografía, la migración, el acceso a la tecnología y la información, los modelos de empleo, la calidad de las respuestas adaptativas, los valores sociales, las estructuras de gobernanza y las instituciones para la resolución de conflictos (IPCC, 2014).

La exposición es un factor que genera vulnerabilidad, de tal forma que si no hay exposición a un fenómeno específico no existe riesgo. En la presente investigación el riesgo es la combinación del peligro y la vulnerabilidad; en este sentido, un sistema es vulnerable en la medida en que esté expuesto a un peligro.

Para Turner (2010), la exposición es un elemento de la vulnerabilidad que refleja el grado de correlación de los sistemas humano-medio ambiente o de alguna de las partes de esa interacción está propensa a experimentar algún daño por exposición a alguna amenaza de naturaleza climática.

Uno de los elementos de la exposición considerados en la presente investigación, fue el total de la producción agrícola de temporal (2003-2015), el total de la producción pecuaria y el índice de marginación social de cada municipio. La fuente de información de la producción agrícola es la base de datos del infosiap (SAGARPA, 2015).

Además se consideró a la marginación como el elemento social de la exposición ya que de acuerdo con la CONAPO (2011).

El índice de marginación propuesto por la CONAPO (2006) combina nueve indicadores socioeconómicos (población analfabeta de 15 años o más, porcentaje de población sin primaria completa de 15 años o más, ocupantes en vivienda sin drenaje ni servicios sanitarios, ocupantes en vivienda sin energía eléctrica,

²⁵ Nivel de confianza alto (IPCC, 2014)

ocupantes en vivienda sin agua entubada, viviendas con algún nivel de hacinamiento, ocupantes en vivienda con piso de tierra, población en localidades con menos de 5 mil habitantes, población ocupada con ingresos de hasta 2 salarios mínimos) (Tabla 18).

Tabla 18. Dimensiones e indicadores para medir la marginación socioeconómica

Concepto	Dimensiones socioeconómicas	Formas de exclusión	Indicador para medir la intensidad de la exclusión	Índice de Marginación
Fenómeno estructural múltiple que valora dimensiones, formas e intensidades de exclusión en el proceso de desarrollo y disfrute de sus beneficios	Educación	Analfabetismo	Porcentaje de población de 15 años o más analfabeta	Intensidad global de la marginación socioeconómica
		Población sin primaria completa	Porcentaje de población de 15 años o más sin primaria completa	
	Vivienda	Viviendas particulares sin agua entubada	Porcentaje de ocupantes en viviendas particulares sin agua entubada	
		Viviendas particulares sin drenaje ni servicio sanitario	Porcentaje de ocupantes en viviendas particulares sin drenaje ni servicio sanitario	
		Viviendas particulares con piso de tierra	Porcentaje de ocupantes en viviendas particulares con piso de tierra	
		Viviendas particulares sin energía eléctrica	Porcentaje de ocupantes en viviendas particulares sin energía eléctrica	
		Viviendas particulares con algún nivel de hacinamiento	Porcentaje de viviendas particulares con algún nivel de hacinamiento	
	Ingresos monetarios	Población ocupada que percibe hasta dos salarios mínimos	Porcentaje de población ocupada con ingresos de hasta dos salarios mínimos	
	Distribución de la población	Localidades con menos de 5 000 habitantes	Porcentaje de población en localidades con menos de 5 000 habitantes	

Fuente: Elaboración propia con información de CONAPO (2006).

4.12 Resiliencia de los productores agrícolas

En el apartado del concepto de vulnerabilidad se abordó el concepto de resiliencia como un concepto muy ligado a la capacidad adaptativa definida como "*la habilidad de absorber, adaptarse y responder a los cambios en el sistema urbano*" (Desouza & Flanery, 2013; Meerow et al., 2016).

4.12.1 Tipificación agrícola

Para conocer el tipo de agricultura que se produce en los municipios que conforman la RTC, y establecer si corresponde a agricultura de manutención, agricultura comercial o agricultura mixta, se retomó la metodología propuesta por Ortiz (2010), quien empleó doce variables congregadas en tres grupos, mismas que se presentan en la tabla 19.

Tabla 19. Variables empleadas en la metodología de la tipificación agrícola

	Variables
Tecnología	Semilla mejorada
	Injertos
	Fertilizantes químicos
	Abonos orgánicos
	Pesticidas
	Asistencia técnica
Infraestructura	Bordo u hoyo de agua
	Pozo profundo
	Trilladora o cosechadora
	Desgranadora o empacadora
Condiciones de siembra	Riego
	Temporal

Fuente: Elaboración propia con datos de Ortiz (2010).

Para cada una de las variables se calculó a escala municipal la proporción de productores que disponían del ítem identificado (semilla mejorada, bordo, trilladora, desgranadora, etc.), posteriormente se aplicó un criterio de rango estadístico en relación a la información disponible para el estado de Michoacán, por lo que se situaron municipios en la media, por debajo y por encima de la misma. Lo anterior ayudó a identificar el tipo de agricultura municipal. Se parte del supuesto de que la tipificación tiene una relación íntima y directa con la vulnerabilidad; la agricultura de manutención es más vulnerable que la mixta o la comercial. La tabla 20 muestra los criterios empleados para la de tipificación agrícola

Tabla 20. Criterios considerados para la tipificación agrícola

Caracterización	Criterio
Agricultura de manutención	- Basada en productos básicos,
	- predominancia de autoconsumo y venta al mercado local,
	- Bajos rendimientos inferiores al promedio estatal.
	- Ganadería extensiva
Agricultura comercial	- Baja infraestructura agropecuaria
	- Basada en la producción de productos agroindustriales
	- Producción destinada predominantemente al mercado nacional y extranjero
	- Rendimientos agrícolas superiores al promedio estatal y nacional
Agricultura Mixta	- Ganadería intensiva
	- Alta presencia de infraestructura agropecuaria
	- Basada en la producción comercial de maíz u otro cultivo
	- Producción destinada a la venta local y nacional
	- Rendimientos superiores al promedio estatal
	- Ganadería intensiva y extensiva
	- Con infraestructura agropecuaria de relativa importancia

Fuente: Ortiz (2010)

El procesamiento de la información se realizó mediante la estandarización de las distintas variables y se generó un mapa de la tipificación agrícola de los siete municipios que conforman la RTC.

4.12.2 Avance agrícola de los productores de la RTC

Para la medición de la vulnerabilidad agrícola de la Región Tierra Caliente del estado de Michoacán, se aplicó una técnica de proporciones y estandarización de datos, a partir de la información oficial disponible en el Censo Ejidal del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), 2007. Se emplearon seis variables y 21 indicadores, mismos que se describen en la tabla 21. En el mismo sentido se asigna una ponderación para cada una de las variables, en función de la importancia de cada variable en lo que se denomina el grado de avance agrícola. Para cada uno de los indicadores se obtuvo la proporción de superficie y productores que disponían del ítem mencionado.

Tabla 21. Variables e indicadores de la medición de la resiliencia de los productores agrícolas

Tecnicidad	Riego	Tracción	Instalaciones	Calidad de la superficie	Acceso a financiamient
Fertilizantes químicos	Usa riego	Mecánica	Beneficiadora de café o	Ensalitrada	Seguros
Semilla mejorada	No usa Riego	No mecánica	Deshidratadora	Erosionada	Créditos
Abonos naturales		Herramientas manuales	Empacadora		
Herbicidas químicos			Seleccionadora		
Insecticidas químicos			Desfibradora		
Insecticidas orgánicos			Otras instalaciones		
Quema controlada					
Otra tecnología					

Fuente: Elaboración propia con base en la metodología de Ortiz, (2015).

Posteriormente se procedió a estandarizar la información a partir del cociente de la diferencia entre la el dato del municipio y la media estatal para cada uno de los ítems.

4.12.3 Estandarización de datos para la integración de los resultados

El procesamiento de la información se realizará mediante una estandarización de las distintas variables que conforman el índice de vulnerabilidad agrícola. La estandarización consiste en normalizar los valores para convertirlos a valor homogéneos cuantificables entre sí, el cálculo se efectúa de la siguiente manera:

$$VN_{x_1} = \frac{(X_1 - X_m)}{ax}$$

Donde:

VN_{x1}: valor normalizado de X1

X1: valor del indicador

X_m: media de la serie X

ax: desviación estándar de la serie X

Una vez estandarizados los valores se procede a incorporarlos en la tabla de resultados para promediar y establecer una evaluación y graduación para categorizar la vulnerabilidad. También se realizaron pruebas estadísticas de análisis de componentes principales (ACP) para reducir la dimensionalidad de las variables y para conocer la distribución factorial y el peso de cada variable en torno a los indicadores seleccionados (Anexos II y III).

Por último la sumatoria de la estandarización por ítem se agrega a una sumatoria final, se obtiene la inversa y el resultado es un índice de vulnerabilidad agrícola, que permite comparar los municipios que conforman la Región Tierra Caliente del estado de Michoacán.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1 Estaciones climatológicas homogeneizadas

La selección de las estaciones meteorológicas se realizó con base en la prueba de homogeneidad incluida en el software RHtest V4. La figura 31 y 32 muestra los resultados de la prueba de homogeneidad de datos.

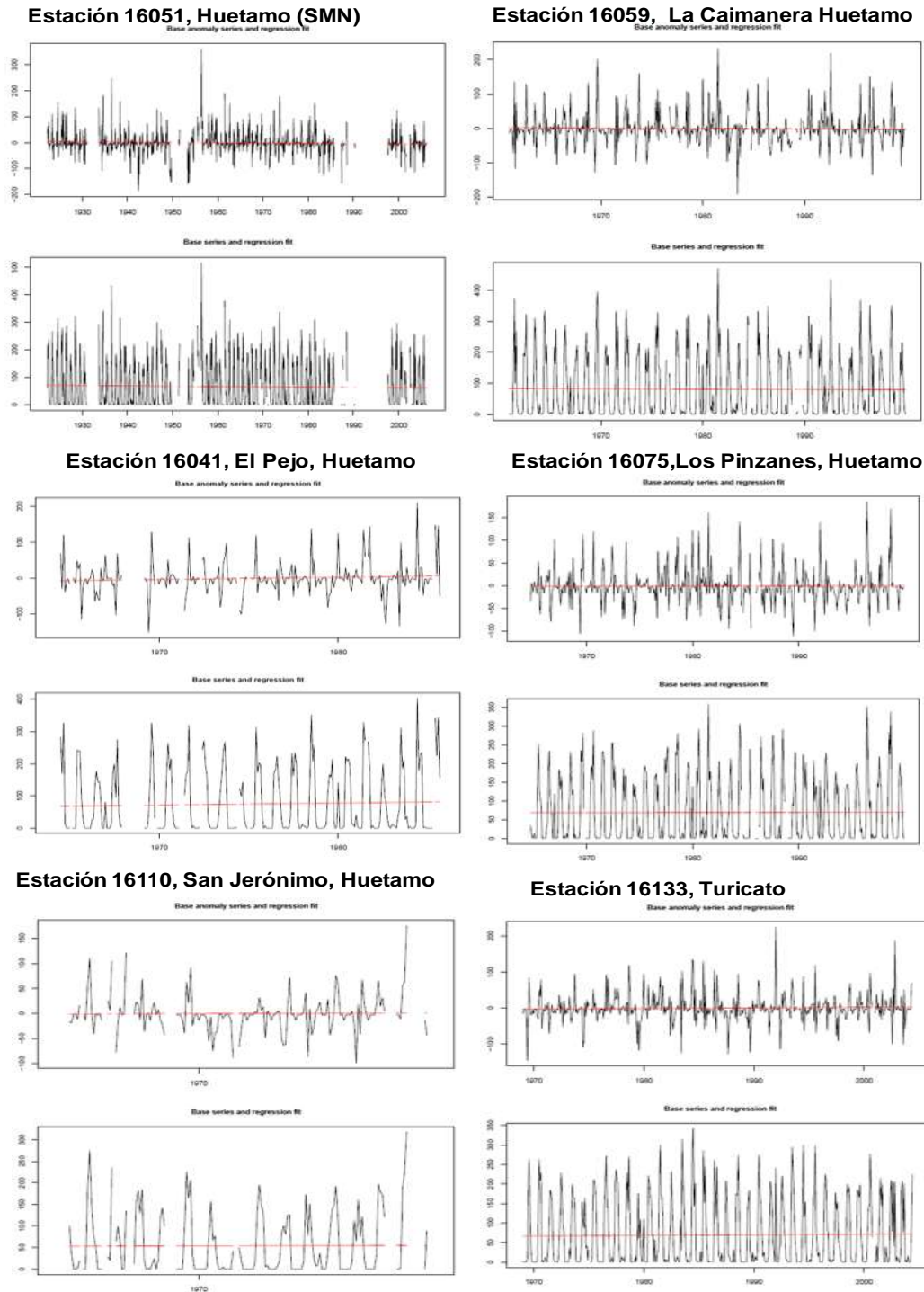
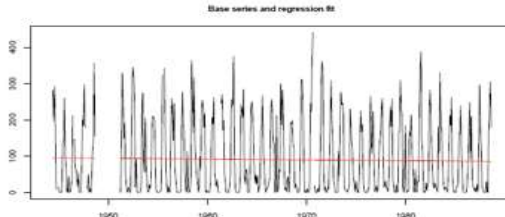
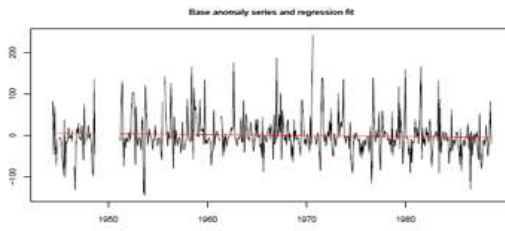
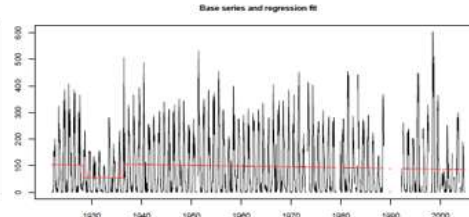
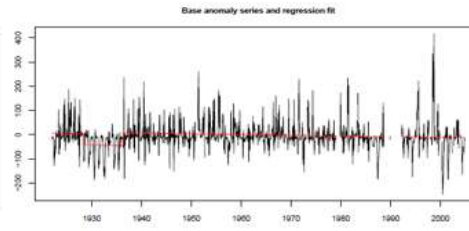


Figura 31. Resultados de la prueba de homogeneidad realizada con RHTestV4 de los municipios de Huetamo y Turicato

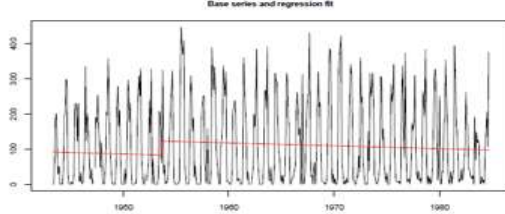
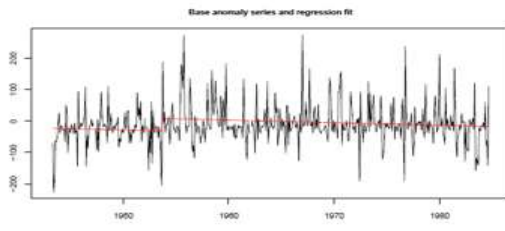
Estación 16049 Etúcuaro, Madero



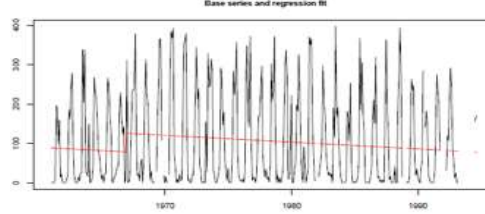
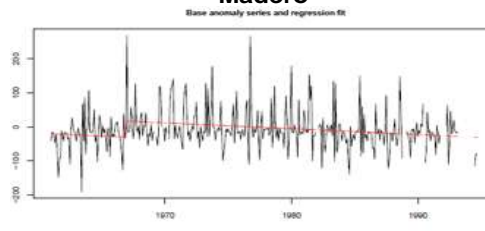
Estación 16109, San Diego Curucupatzeeo, Madero



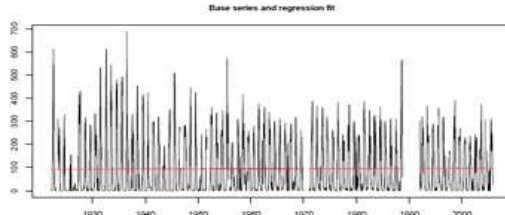
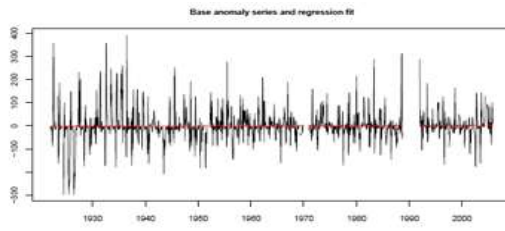
Estación 16139, Villa Madero, Madero



Estación 16140, Villa Madero (CFE), Madero



Estación 16123, Tacámbaro



Estación 16010, Bartolinas (CFE) Tacámbaro

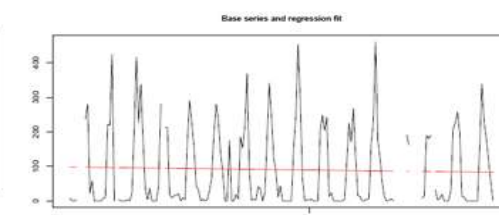
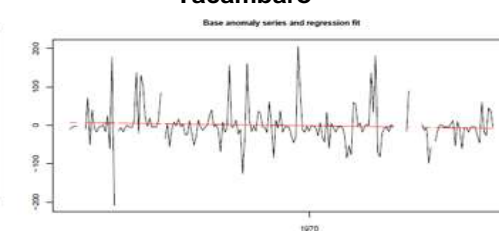
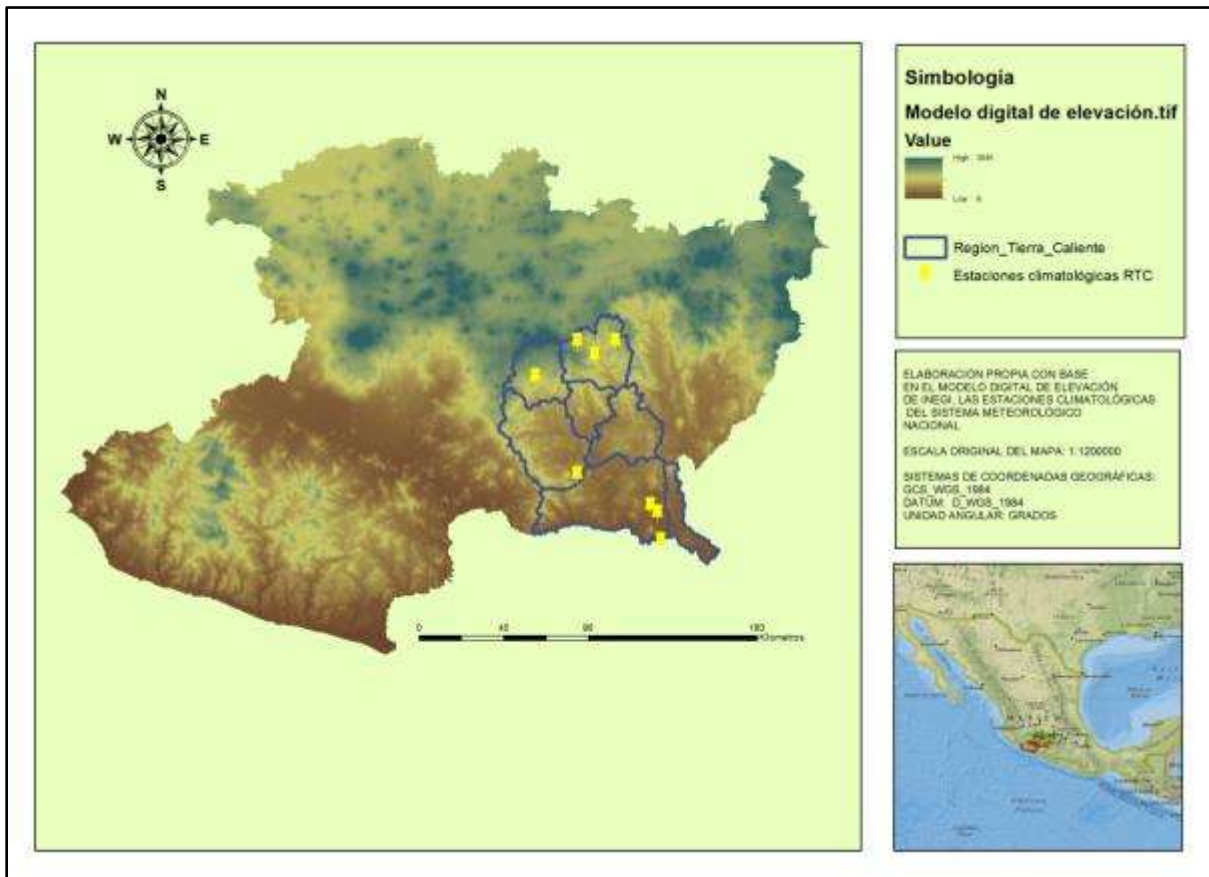


Figura 32. Resultados de la prueba de homogeneidad realizada con RHTestV4 de los municipios de Madero y Tacámbaro

Con el análisis de la homogeneidad de los datos fue posible identificar las series de datos con discontinuidades, mismas que fueron descartadas del análisis. cabe mencionar que a las estaciones 16069 y 16226 de Huetamo y a la estación 16187 de Carácuaro no fue posible realizarles la prueba de homogeneidad debido a la poca cantidad de datos. Finalmente, se seleccionaron 9 estaciones meteorológicas del área de estudio para trabajar en los diferentes análisis climatológicos. La distribución espacial de las estaciones seleccionadas se ubican tanto en las partes altas como en las partes bajas de la región de estudio, se localizan en los municipios de Madero, Tacámbaro, Huetamo y Turicato (figura 33).



5.1.1 Revisión histórica del clima de la RTC

En la primera parte del análisis de los datos climatológicos se obtuvieron los climogramas con el software CLIC-MD (Bautista et al., 2011), para seis estaciones de la RTC que pasaron la prueba de calidad de datos. Los climogramas muestran los promedios mensuales en un periodo de tiempo de los parámetros: temperatura máxima, temperatura media, temperatura mínima y precipitación.

La figura 34, 35 y 36 presentan los climogramas de las seis estaciones analizadas de la RTC donde es posible observar el comportamiento mensual de los parámetros antes mencionados.

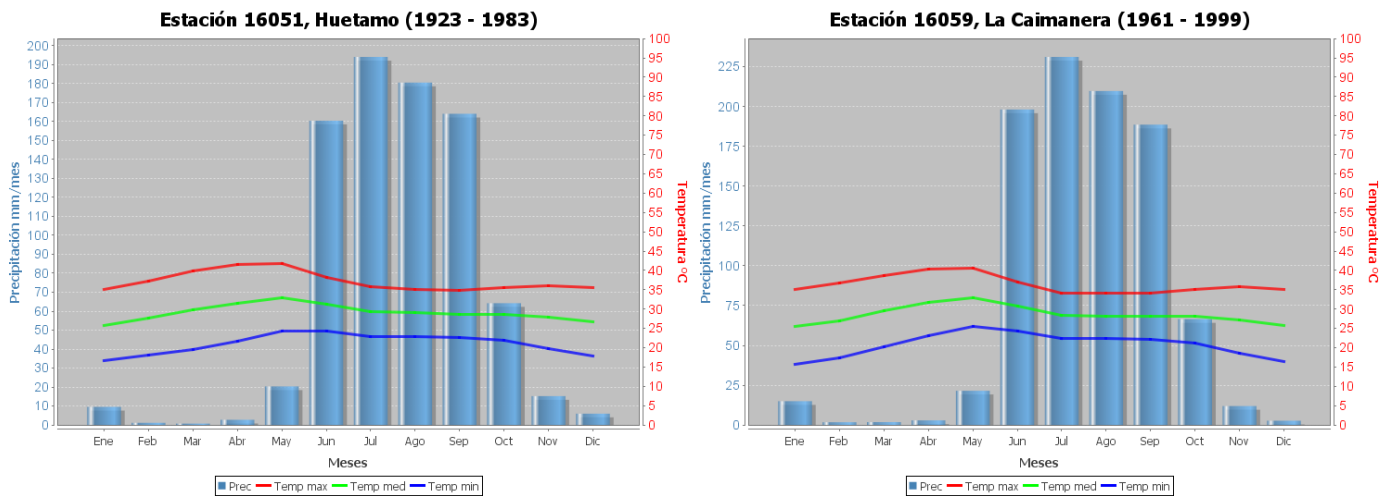


Figura 34. Climograma de las estaciones 16051 y 16059

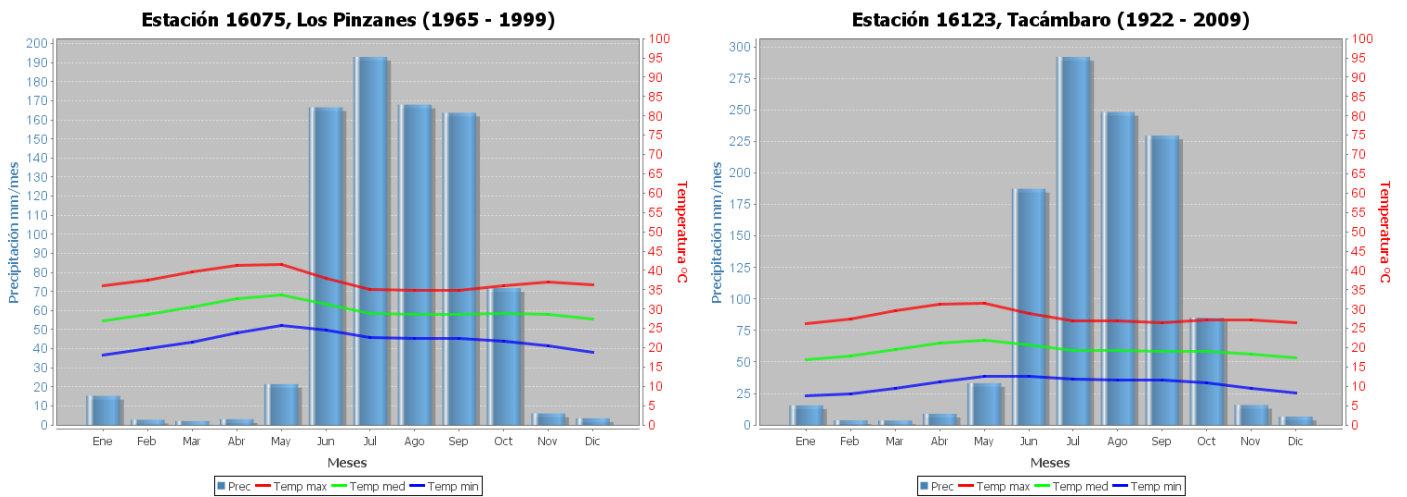


Figura 35. Climograma de las estaciones 16075 y 16123

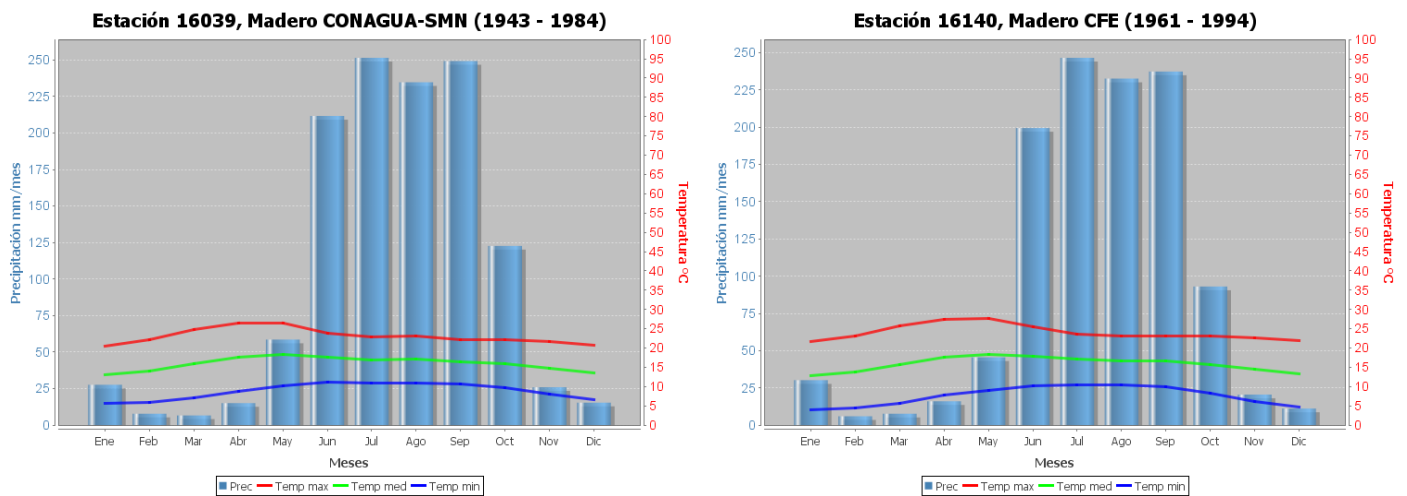


Figura 36. Climogramas de las estaciones 16139 y 16140

5.2 La señal del cambio climático

5.2.1 Resultados de las tendencias de cambio climático Mann-Kendall anual

En la presente sección se muestran los resultados del análisis de la prueba de Mann-Kendall (MK) es estadística no paramétrica, misma que permitió identificar las tendencias de cambio no lineales en las series de datos en iguales intervalos de tiempo. Cabe mencionar que en este caso se muestran los cambios de los elementos del clima que no presentan distribución normal (Bautista et al., 2011). Se analizaron seis estaciones de la RTC de los municipios de Huetamo, Madero y Tacámbaro.

Tabla 22. Tendencias de cambio climático para la estación 16051

Meses	Temp max	r	z	Temp med	r	z	Temp min	r	z	Prec	r	z
Ene	35.08	0.57	4.57	25.87	0.316	3.02	16.65	-0.159	-1.71	9.71	0.264	0.26
Feb	37.23	0.491	3.38	27.65	0.132	1.36	18.07	-0.342	-2.82	1.2	-0.111	-0.28
Mar	39.96	0.411	3.3	29.75	0.021	0.78	19.54	-0.32	-2.86	0.73	0.016	0.24
Abr	41.49	0.498	3.64	31.54	0.118	1.67	21.58	-0.181	-1.75	2.81	-0.068	-2.32
May	41.69	0.37	2.35	32.95	-0.034	-0.86	24.21	-0.369	-3.5	20.69	-0.119	-0.78
Jun	38.14	0.314	2.55	31.25	0.018	0.06	24.35	-0.46	-3.93	163.04	-0.049	-0.18
Jul	35.69	0.176	1.84	29.29	-0.085	-0.35	22.89	-0.401	-3.77	197.17	-0.049	0.14
Ago	35.19	0.387	3.06	28.99	0.096	0.97	22.8	-0.272	-2.87	183.46	-0.324	-2.5
Sep	34.81	0.441	3.81	28.69	0.064	0.98	22.56	-0.421	-4.59	166.71	0.025	0.58
Oct	35.46	0.472	3.21	28.74	0.211	2.32	22.01	-0.214	-2.3	65.29	0.09	-0.11
Nov	36.08	0.561	3.92	27.98	0.214	1.64	19.88	-0.318	-3.52	15.48	-0.001	0.16
Dic	35.59	0.503	3.3	26.71	0.17	1.38	17.75	-0.286	-2.54	6.09	-0.273	-2.0

Fuente: Datos de salida de CLIC-MD

La tabla 22 muestra los resultados obtenidos de la estación 16051 de Huetamo en donde se observa que para el parámetro de temperatura máxima, el valor de Z es mayor de 1.97 para once de los doce meses del año, lo que pone de manifiesto un aumento de la temperatura máxima a excepción del mes de julio, mientras que la temperatura mínima está disminuyendo a excepción de enero y abril.

La tabla 23 corresponde a los resultados de la estación 16059 de Huetamo, misma que muestra la misma tendencia que la estación 16051; aumento en la temperatura máxima de diez meses del año y disminución de la temperatura mínima de ocho meses del año .

Tabla 23. Tendencias de cambio climático para la estación 16059

Meses	Temp max	r	z	Temp med	r	z	Temp min	r	z	Prec	r	z
Ene	35.11	0.225	2.35	25.44	-0.209	-0.8	15.76	-0.432	-1.57	15.33	-0.038	-0.41
Feb	36.67	0.429	3.23	27.03	0.174	1.28	17.38	-0.138	-0.41	1.79	0.066	-0.12
Mar	38.71	0.373	1.9	29.47	-0.139	-0.96	20.24	-0.499	-2.82	1.87	0.136	0.44
Abr	40.4	0.492	3.3	31.81	-0.155	-1.0	23.21	-0.451	-2.69	3.0	0.129	0.74
May	40.5	0.536	3.54	33.05	-0.151	-0.67	25.59	-0.615	-3.81	22.07	-0.131	-0.54
Jun	37.07	0.31	1.57	30.71	0.04	0.27	24.34	-0.356	-2.21	203.23	0.173	1.19
Jul	34.18	0.554	3.39	28.29	0.25	1.79	22.39	-0.522	-3.19	237.08	-0.162	-0.87
Ago	34.2	0.463	2.79	28.25	0.123	0.62	22.29	-0.612	-3.9	215.14	0.046	-0.17
Sep	34.19	0.45	2.47	28.2	0.15	1.1	22.2	-0.61	-3.87	193.45	-0.316	-1.89
Oct	35.16	0.411	2.59	28.15	0.158	1.04	21.15	-0.398	-2.76	68.18	-0.036	-0.28
Nov	35.88	0.357	2.36	27.18	0.168	1.02	18.48	-0.065	0.39	12.24	0.191	-0.04
Dic	35.16	0.426	2.95	25.75	0.064	0.57	16.34	-0.194	-1.03	2.75	0.309	0.98

Fuente: Datos de salida de CLIC-MD

No obstante, los resultados de la estación 16075 de Los Pinzanes (tabla 24), también del municipio de Huetamo, las tendencias generalizadas son de aumento de la temperatura máxima, media y mínima, y aumento de precipitación para el mes de noviembre con un valor de z de 2.9.

Tabla 24. Tendencias de cambio climático para la estación 16075

Meses	Temp max	r	z	Temp med	r	z	Temp min	r	z	Prec	r	z
Ene	35.97	0.358	3.1	27.05	0.028	0.97	18.13	-0.274	-0.24	15.68	-0.06	-0.86
Feb	37.52	0.502	3.72	28.6	0.342	2.67	19.69	0.038	0.5	2.83	-0.077	-0.97
Mar	39.53	0.516	3.1	30.47	0.262	1.29	21.4	-0.17	-1.02	2.12	0.067	0.88
Abr	41.41	0.583	3.47	32.6	0.147	0.55	23.78	-0.3	-1.82	3.11	-0.096	0.0
May	41.44	0.581	3.45	33.55	0.381	1.97	25.68	-0.124	-0.34	22.09	0.093	0.43
Jun	37.94	0.301	1.8	31.26	0.205	1.18	24.59	0.054	0.54	171.35	0.135	0.53
Jul	35.04	0.57	3.27	28.82	0.423	2.57	22.63	0.136	1.05	198.48	-0.109	-1.05
Ago	34.76	0.568	3.35	28.6	0.552	3.25	22.44	0.336	1.08	172.76	0.089	0.71
Sep	34.79	0.275	1.82	28.59	0.334	2.2	22.39	0.378	1.97	168.43	-0.012	-0.57
Oct	35.94	0.391	2.26	28.81	0.224	1.6	21.76	0.066	0.77	73.84	-0.009	0.23
Nov	37.02	0.371	2.51	28.69	0.174	1.33	20.4	0.017	0.74	6.23	0.472	2.9
Dic	36.2	0.511	3.04	27.5	0.115	0.71	18.84	-0.18	-0.55	3.61	0.327	1.68

Fuente: Datos de salida de CLIC-MD

La tabla 25 muestra los resultados de la estación 16123 de Tacámbaro donde se observa aumento de temperatura en los meses de enero, noviembre y diciembre, y disminución en los meses de febrero a diciembre.

Tabla 25. Tendencias de cambio climático para la estación 16123

Meses	Temp max	r	z	Temp med	r	z	Temp min	r	z	Prec	r	z
Ene	26.21	0.099	2.13	16.88	-0.227	-1.05	7.56	-0.45	-3.52	15.78	0.137	1.65
Feb	27.44	0.019	1.79	17.74	-0.306	-1.79	8.05	-0.479	-3.48	3.8	0.19	0.9
Mar	29.67	0.066	1.51	19.59	-0.32	-2.27	9.51	-0.503	-4.13	3.62	0.287	2.39
Abr	31.16	0.181	1.92	21.18	-0.252	-1.78	11.21	-0.483	-4.7	9.01	0.045	0.87
May	31.37	0.115	1.15	21.96	-0.223	-1.29	12.56	-0.424	-4.16	33.58	0.196	3.09
Jun	28.91	-0.115	-0.69	20.76	-0.311	-2.21	12.61	-0.451	-4.67	189.47	0.155	1.51
Jul	26.96	-0.041	-0.25	19.38	-0.222	-2.26	11.8	-0.399	-4.75	295.25	-0.206	-1.69
Ago	26.86	-0.052	0.43	19.27	-0.197	-1.48	11.68	-0.33	-4.23	251.04	-0.283	-2.66
Sep	26.56	-0.135	-0.35	19.1	-0.243	-2.52	11.65	-0.311	-4.31	232.11	-0.103	-0.63
Oct	27.12	-0.058	0.74	19.01	-0.22	-1.85	10.89	-0.316	-4.0	86.17	0.059	1.27
Nov	27.16	0.021	2.01	18.36	-0.25	-1.04	9.57	-0.428	-3.35	16.07	0.288	3.28
Dic	26.35	0.055	2.21	17.35	-0.272	-0.56	8.33	-0.51	-4.05	6.74	-0.113	1.45

Fuente: Datos de salida de CLIC-MD

La tabla 26 y 27 muestran los resultados de las dos estaciones de Madero analizadas. En el caso de la temperatura máxima y media, en ambas estaciones la tendencia es al aumento con valores de z arriba de 1.97, mientras que la estación

16140 presenta valores negativos de z en el parámetro de la temperatura mínima, lo cual significa que en los meses de marzo a mayo y de septiembre a diciembre ha disminuido la temperatura mínima

Tabla 26. Tendencias de cambio climático para la estación 16139

Meses	Temp max	r	z	Temp med	r	z	Temp min	r	z	Prec	r	z
Ene	20.57	0.215	0.99	13.17	0.222	1.21	5.77	0.161	1.24	28.3	0.123	1.4
Feb	22.06	0.063	0.34	14.0	0.052	0.54	5.94	0.02	0.22	8.02	0.441	2.52
Mar	24.73	0.426	2.95	15.92	0.511	2.83	7.12	0.393	2.05	6.83	0.145	0.66
Abr	26.43	0.588	3.66	17.56	0.788	5.83	8.69	0.667	3.95	15.45	0.148	0.75
May	26.45	0.613	4.63	18.31	0.81	6.09	10.16	0.659	3.74	59.95	0.126	0.75
Jun	23.95	0.315	1.79	17.56	0.692	4.55	11.16	0.625	4.0	216.63	0.0	-0.38
Jul	22.88	-0.146	0.17	16.88	0.248	2.03	10.88	0.567	3.45	257.37	0.217	1.48
Ago	23.21	-0.173	0.15	17.08	0.098	2.14	10.95	0.516	3.18	240.28	-0.001	-0.12
Sep	22.08	-0.117	0.31	16.42	0.404	2.89	10.75	0.547	3.27	255.13	0.116	0.59
Oct	22.12	0.178	1.5	15.9	0.529	3.05	9.68	0.508	3.05	125.62	-0.018	0.3
Nov	21.66	0.155	1.44	14.8	0.199	1.32	7.94	0.129	-0.09	26.57	-0.091	-0.37
Dic	20.7	0.036	1.04	13.64	0.088	0.78	6.58	0.113	0.47	15.77	-0.19	0.15

Fuente: Datos de salida de CLIC-MD

Tabla 27. Tendencias de cambio climático para la estación 16140

Meses	Temp max	r	z	Temp med	r	z	Temp min	r	z	Prec	r	z
Ene	21.66	0.476	2.36	12.76	-0.019	0.25	3.87	-0.444	-3.13	31.06	-0.163	0.16
Feb	23.0	0.645	4.24	13.76	0.3	2.25	4.52	-0.375	-1.72	6.16	-0.169	-0.13
Mar	25.65	0.716	4.49	15.61	0.26	1.5	5.58	-0.531	-3.4	7.88	-0.184	-1.44
Abr	27.34	0.565	3.71	17.53	0.136	0.46	7.71	-0.33	-3.26	16.52	-0.037	0.21
May	27.71	0.493	3.16	18.39	0.291	1.66	9.07	-0.332	-2.43	46.88	0.108	0.93
Jun	25.52	0.603	3.19	17.88	0.512	2.86	10.24	-0.221	-1.93	205.32	-0.09	-0.89
Jul	23.7	0.476	3.16	17.05	0.415	2.53	10.4	-0.239	-1.72	253.82	-0.183	-0.64
Ago	23.14	0.46	3.11	16.76	0.355	3.17	10.37	-0.285	-1.6	239.47	0.06	0.3
Sep	23.07	0.622	3.17	16.55	0.434	2.46	10.04	-0.394	-2.58	244.35	-0.169	-0.68
Oct	23.13	0.627	3.93	15.73	0.387	2.06	8.33	-0.362	-2.24	95.76	-0.091	-0.33
Nov	22.66	0.646	3.96	14.4	0.32	1.72	6.14	-0.553	-3.13	21.15	-0.092	-0.56
Dic	21.92	0.616	3.51	13.37	0.367	2.27	4.82	-0.489	-2.62	11.46	-0.034	-0.24

Fuente: Datos de salida de CLIC-MD

5.2.2 Tendencias de precipitación proyectadas con RHtest V4

RHtest V4 es una herramienta útil para realizar proyecciones de precipitación debido a que trabaja con datos homogeneizados (figura 37).

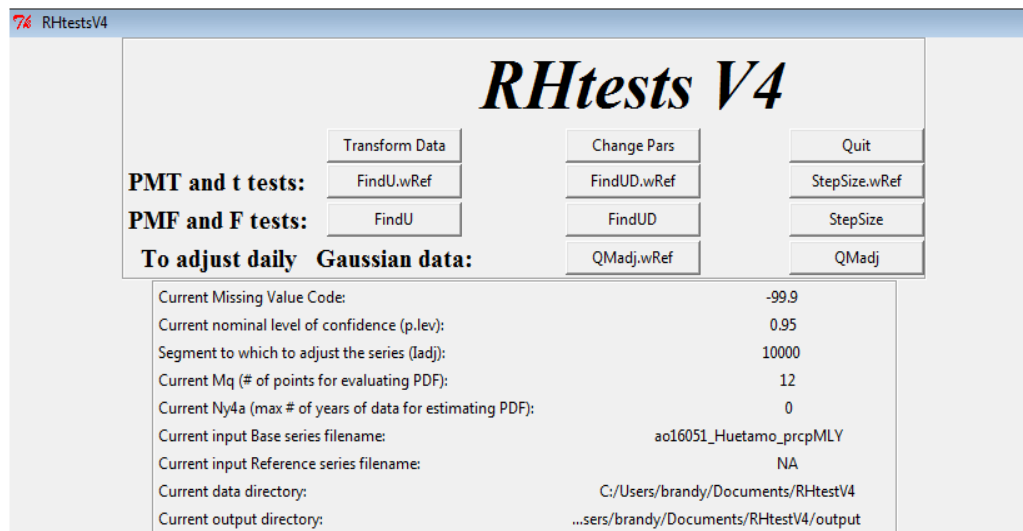


Figura 37. Plataforma de RHtest V4

La tabla 28 muestran las ecuaciones obtenidas de las proyecciones de precipitación pluvial realizadas con RHtest V4 Find_U. Las seis estaciones climatológicas analizadas muestran una tendencia negativa.

Tabla 28. Ecuaciones obtenidas del análisis RHtest V4

Estación climatológica	Localidad	Ecuación precipitación
16051	Huetamo (SMN)	$y = -0.9804x + 842.66$
16059	La Caimanera, Huetamo	$y = -1.8523x + 1001.3$
16075	Los Pinzanes, Huetamo	$y = -0.403x + 829.6$
16123	Tacámbaro, Mich.	$y = -1.8064x + 1163$
16139	Villa Madero	$y = -3.6505x + 1359.4$
16140	Villa Madero (CFE)	$y = -8.0102x + 1312.3$

*y = tiempo; x = precipitación; información de las estaciones corregida por la aplicación "R".
Fuente: Elaboración propia.

En la estación 16051, la ecuación obtenida es la siguiente: $y = -0.9804x + 842.66$, lo que nos dice que en cien años dejará de llover aproximadamente el 9.8% de la precipitación obtenida de los años 1923 a 2009.

El análisis de la estación 16059 proyectó la siguiente ecuación: $y = -1.8523x + 1001.3$, en este caso la reducción esperada es de $1.852x$ que proyectado a 100 años estará dejando de llover el 18% del promedio de la precipitación registrada de 1961 a 1999. En la estación 16075 la ecuación es: $y = -0.403x + 829.6$, donde la reducción proyectada será de $0.403x$ lo que representa el 6% del promedio de los años 1965-1999.

Los resultados del análisis de las seis estaciones las ecuaciones muestran una tendencia a la reducción de la precipitación pluvial; a razón promedio de 1.05 milímetros por año (promedio de las seis estaciones); situación que plantea un impacto en los cultivos de temporal que seguramente repercutirá en el rendimiento de los mismos.

5.3 Escenarios de cambio climático

Se obtuvieron seis escenarios climáticos para cada estación analizada; tres bajo el escenario A2 el cual describe un planeta muy heterogéneo; la población mundial se mantiene en continuo crecimiento. El crecimiento económico por habitante, así como el cambio tecnológico están más fragmentados y son más lentos que en otros escenarios posibles. Sería casi una proyección lineal del actual comportamiento de la actividad humana; además se obtuvieron tres escenarios climáticos para el escenario A1B caracterizado por tener prioridad económica global, convergencia económica global, emisiones media alta y rápido crecimiento económico, tecnologías eficientes, se tiene balance entre energías fósiles y no fósiles. Ambos escenarios se proyectaron bajo los horizontes de tiempo 2025, 2050 y 2075.

La figuras 38, 39 y 40 muestran los gráficos con los valores proyectados de temperatura máxima y mínima analizada con LARs correspondiente a las tres estaciones localizadas en el municipio de Huetamo; la figura 41 muestra los datos de Tacámbaro y las figuras 42 y 43 las correspondientes a Madero.

Estación 16051 La Caimanera, Huetamo (CONAGUA-SMN)

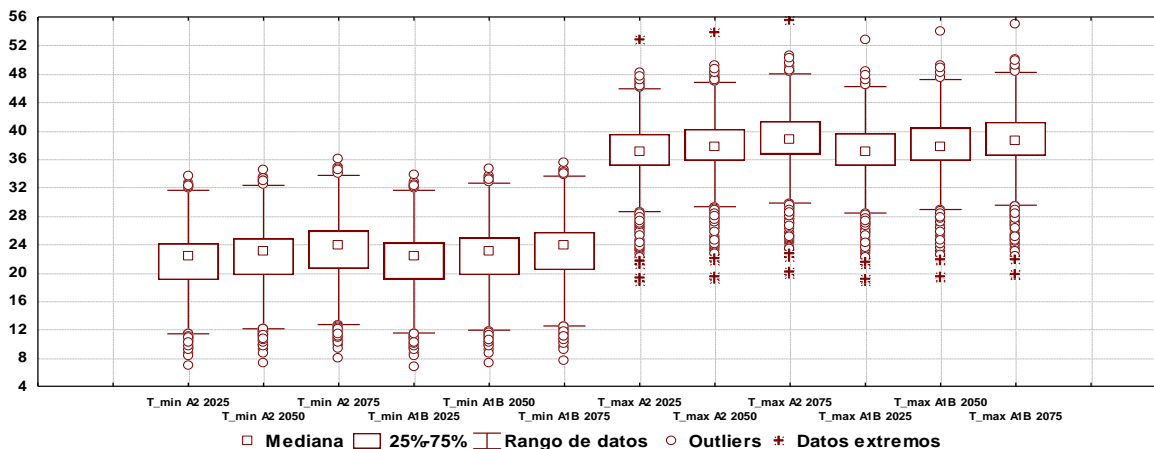


Figura 38. Proyecciones de temperatura para los escenarios A2 y A1B en las escalas de tiempo 2025, 2050 y 2075 para la estación 16051 de Huetamo

Estación 16059 Los Pinzanes, Huetamo (CFE)

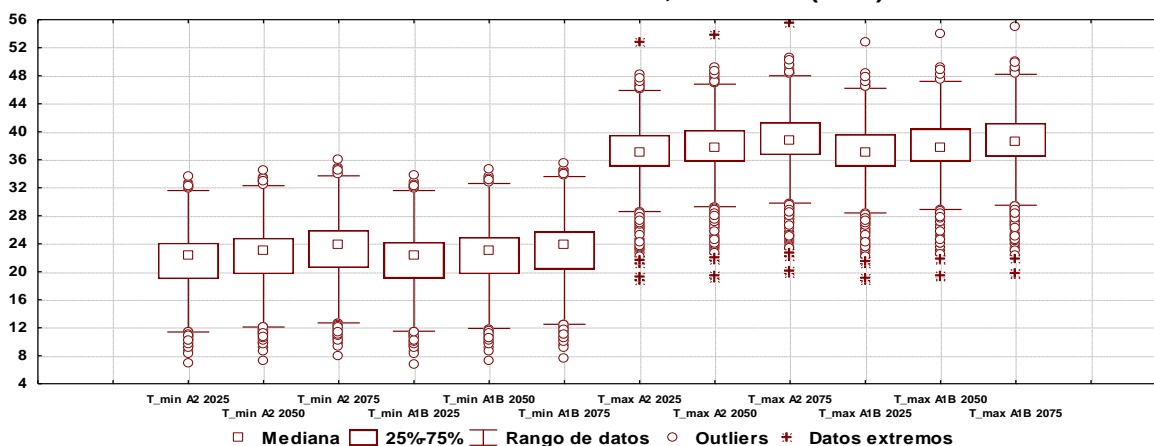


Figura 39. Proyecciones de temperatura para los escenarios A2 y A1B en las escalas de tiempo 2025, 2050 y 2075 para la estación 16059 de La Caimanera, Huetamo

Estación 16075 Huetamo (CFE)

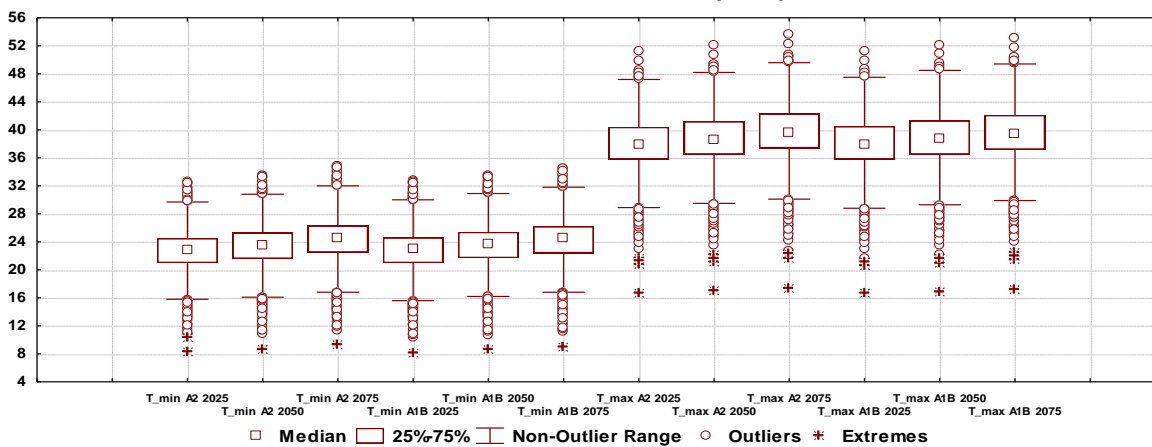


Figura 40. Proyecciones de temperatura para los escenarios A2 y A1B en las escalas de tiempo 2025, 2050 y 2075 para la estación 16075 de Los Pinzanes, Huetamo

Estación 16123 Tacámbaro (CONAGUA-SMN)

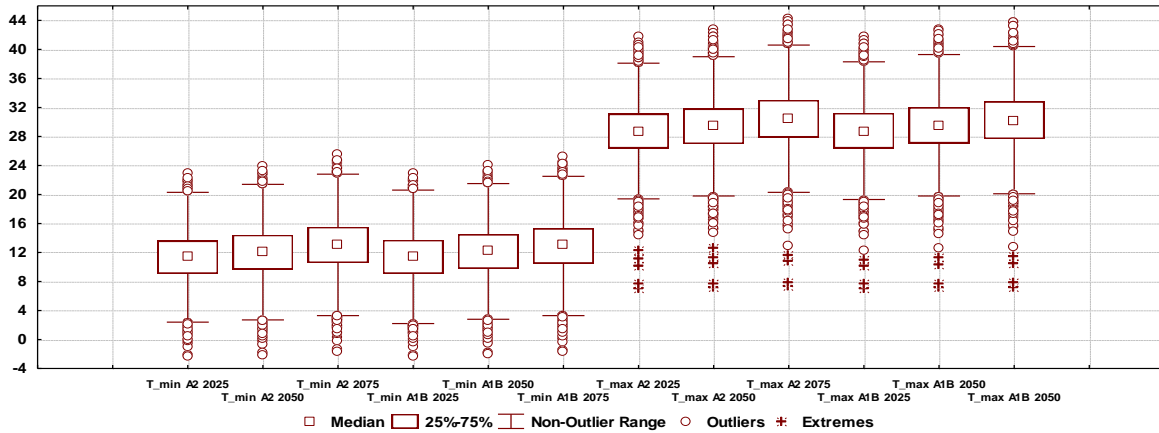


Figura 41. Proyecciones de temperatura para los escenarios A2 y A1B en las escalas de tiempo 2025, 2050 y 2075 para la estación 16123 de Tacámbaro

Estación 16139 Villa Madero (CONAGUA-SMN)

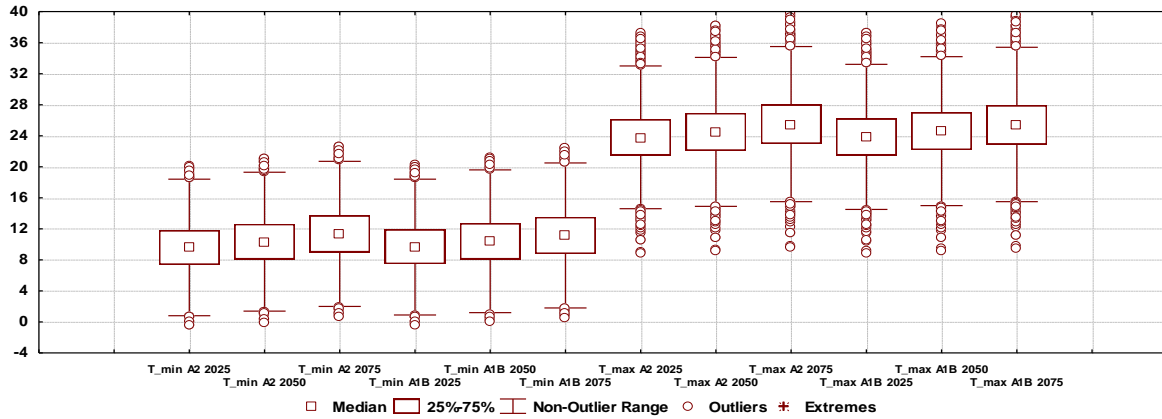


Figura 42. Proyecciones de temperatura para los escenarios A2 y A1B en las escalas de tiempo 2025, 2050 y 2075 para la estación 16123 de Madero (CONAGUA-SMN)

Estación 16140 Villa Madero (CFE)

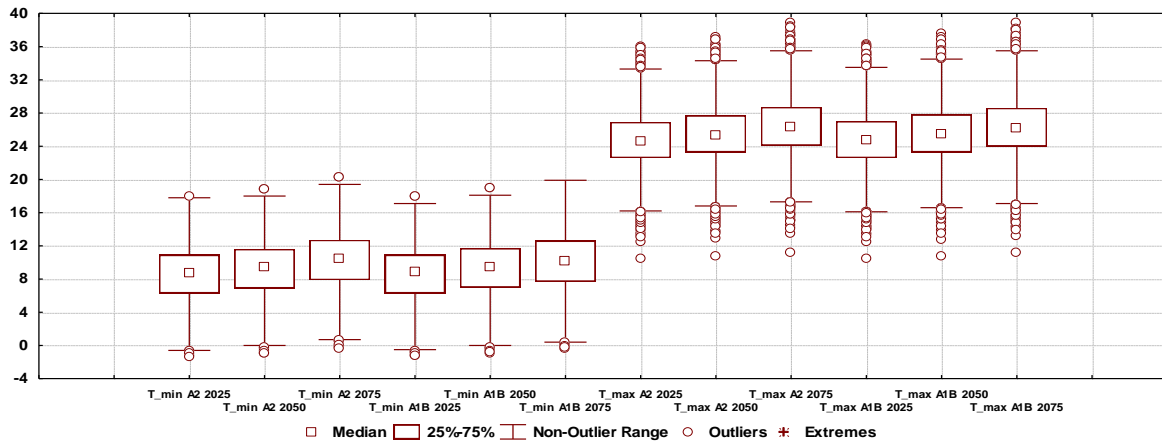


Figura 43. Proyecciones de temperatura para los escenarios A2 y A1B en las escalas de tiempo 2025, 2050 y 2075 para la estación 16123 de Madero (CFE)

La tabla 29 muestra los resultados del análisis realizado con LARS-GW, obtenidos a partir de las diferencias máxima observa y la máxima proyectada bajo los escenarios A2 y A1B (horizontes de tiempo 2025, 2050 y 2075).

Tabla 29. Valores de cambio climático de las proyecciones de las temperaturas máximas

Estaciones	Municipio	Escenario A2			Escenario A1B		
		2025	2050	2075	2025	2050	2075
16051 Huetamo	Huetamo	0.3	1	2	0.4	1.1	1.9
16059 La Caimanera (CFE)		0.5	1.2	2.2	0.5	1.3	2
16075 Los Pinzanes (CFE)		0.9	1.6	2.55	0.9	1.7	2.4
16133 Turicato	Turicato	0.5	1.2	2.2	0.6	1.3	2.1
16123 Tacámbaro	Tacámbaro	1.1	1.8	2.8	1.1	1.9	2.6
16109 San Diego C.	Madero	1.6	2.3	3.3	1.6	2.4	3.2
16049 Etúcuaro		0.6	1.3	2.3	0.7	1.4	2.2
16140 Villa Madero (CFE)		0.6	1.3	2.3	0.7	1.4	2.2
16139 Villa Madero		0.7	1.4	2.4	0.8	1.5	2.3

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con los resultados mostrados en la tabla 24, el aumento de la temperatura máxima irá desde los 0.3°C en la estación 16051 de Huetamo para el escenario A2 en el horizonte 2025, incrementándose hasta 2°C para el escenario A2 en el horizonte 20175, mientras que la estación 16109 de San Diego Curucupatzeo del municipio de Madero presentará incrementos 1.6°C para los escenarios A2 y A1B en los horizontes 2025 hasta 3.3°C para el escenario A2 en el horizonte 2075.

La tabla 30 muestra los resultados de los valores de cambio climático de las temperaturas mínimas obtenidos en el análisis de las proyecciones con LARs, en donde se observa que las estaciones climatológicas de los municipios templados son las que presenten los valores más altos de cambio climático.

Tabla 30. Valores de cambio climático de las proyecciones de las temperaturas mínimas

Estaciones	Municipio	Escenario A2			Escenario A1B		
		2025	2050	2075	2025	2050	2075
16051 Huetamo	Huetamo	1.5	2.2	3.2	1.6	2.3	3.0
16059 La Caimanera (CFE)		1.3	2.0	2.9	1.3	2.0	2.8
16075 Los Pinzanes (CFE)		0.9	1.6	2.6	1.0	1.7	2.5
16133 Turicato	Turicato	0.4	1.0	2.0	0.4	1.1	1.8
16123 Tacámbaro	Tacámbaro	1.4	2.1	3.1	1.5	2.2	3.0
16109 San Diego C.	Madero	1.5	2.2	3.2	1.6	2.3	3.1
16049 Etúcuaro		0.4	1.1	2.1	0.5	1.2	2.0
16140 Villa Madero (CFE)		0.7	1.4	2.4	0.8	1.5	2.2
16139 Villa Madero		0.4	0.3	1.3	0.4	0.4	1.1

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a los valores de cambio de temperatura mínima del escenario A2, éstos oscilan entre 0.5 a 0.9 °C para el horizonte 2025; mientras que para el horizonte 2050 los valores de cambio oscilan entre 1.2 a 1.6 °C y para el horizonte 2075 los valores de cambio van de 2.2 a 2.6 °C. Para el escenario A1B los valores de cambio de temperatura mínima van de 0.6 - 1 °C para el horizonte 2025; de 1.3 a 2.3 °C para el horizonte 2050 y de 2.0 2.4 °C para el horizonte 2075. mientras que los valores de cambio climático de la temperatura máxima bajo el escenario A2 van de 0.8 a 1 °C para el escenario 2025, de 1.5 a 1.7 °C para 2050 y de 2.2 a 2.6 °C para el horizonte 2075. Bajo el escenario A1B los valores de cambio de temperatura máxima van de 1.6 a 1.8 °C para el horizonte 2025, de 1.6 a 1.8 °C para 2050 y de 2.4 a 2.5 °C bajo el horizonte 2075 (figura 44).

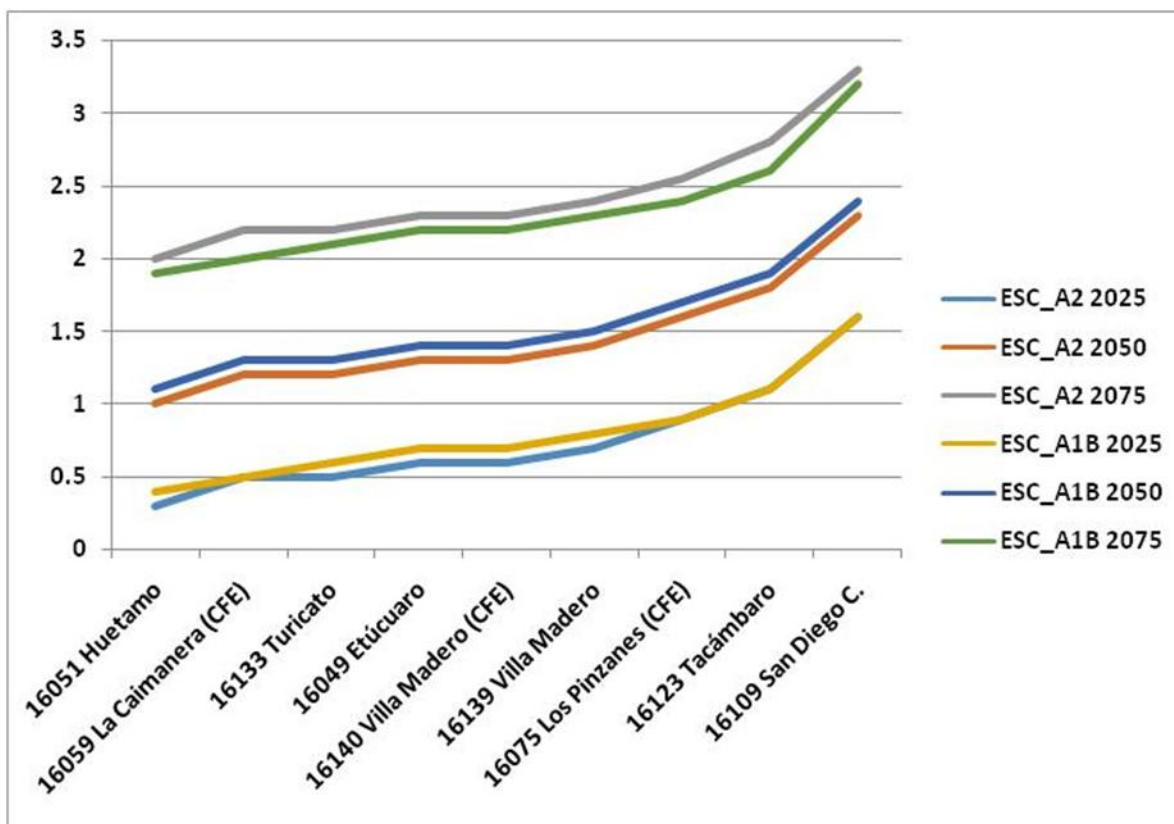


Figura 44. Incremento de la temperatura máxima bajo los escenarios A2 y A1B

Cabe mencionar que los escenarios de cambio climático a escala regional deben emplearse sólo como indicadores de sensibilidad del clima a cambios en el forzante radiativo, es decir, a incrementos en la concentración de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y que los modelos del clima, tienen diversas limitaciones para simular aspectos del clima de gran relevancia para México como por ejemplo, la señal espacial de la variabilidad interdecadal del ciclo hidrológico, esto debido a la calidad de los datos disponibles.

5.4 Detección de peligro

Después de haber detectado al señal de cambio climático regional, se procedió a identificar el peligro existentes en la región. En la presente sección se presentan los resultados del análisis de dos índices de R-Climdex que representan un peligro para la producción agrícola: CDD (número de días secos consecutivos) y SU30 (Días al año con temperaturas máximas arriba de 30 grados centígrado).

5.4.1 Índices climáticos de R-ClimDex

Se utilizó R-ClimDex para realizar los cálculos de los índices climáticos utilizando datos diarios, mensuales y anuales de temperatura, precipitación y evapotranspiración, además R-Climdex permitió realizar el control de calidad de los datos previo al resto de los análisis.

El primer índice considerado es el de número de días consecutivos sin lluvia. La figura 45 muestra el gráfico y la ecuación de las estaciones de Huetamo. La ecuación indica un incremento de 0.962 x días por cada unidad de tiempo.

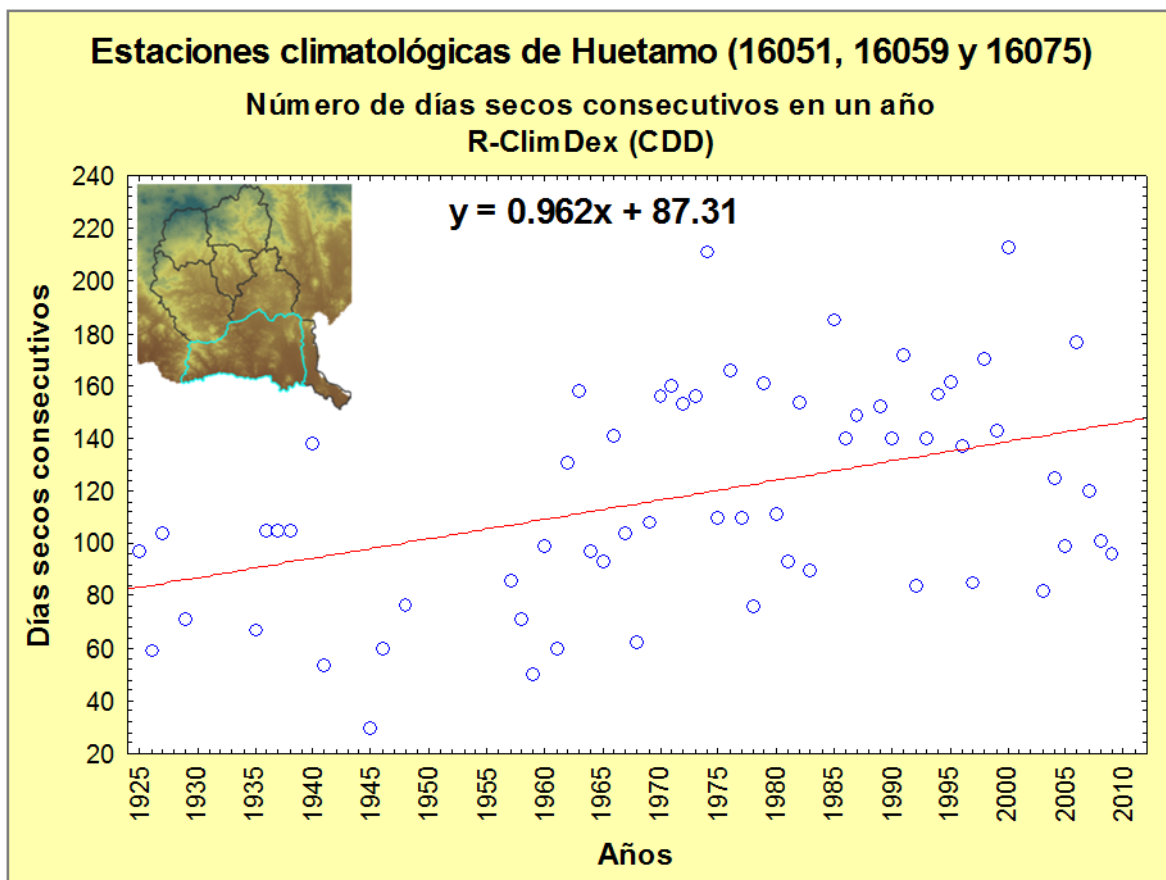


Figura 45. Número de días secos consecutivos de las estaciones de Huetamo

La figura 46 muestra los resultado de la estación 16123 de Tacámbaro. La ecuación muestra un incremento de $0.628x$, mientras que la figura 41 muestra los resultados de las dos estaciones de Madero mismas que presentan un aumento de $0.320x$.

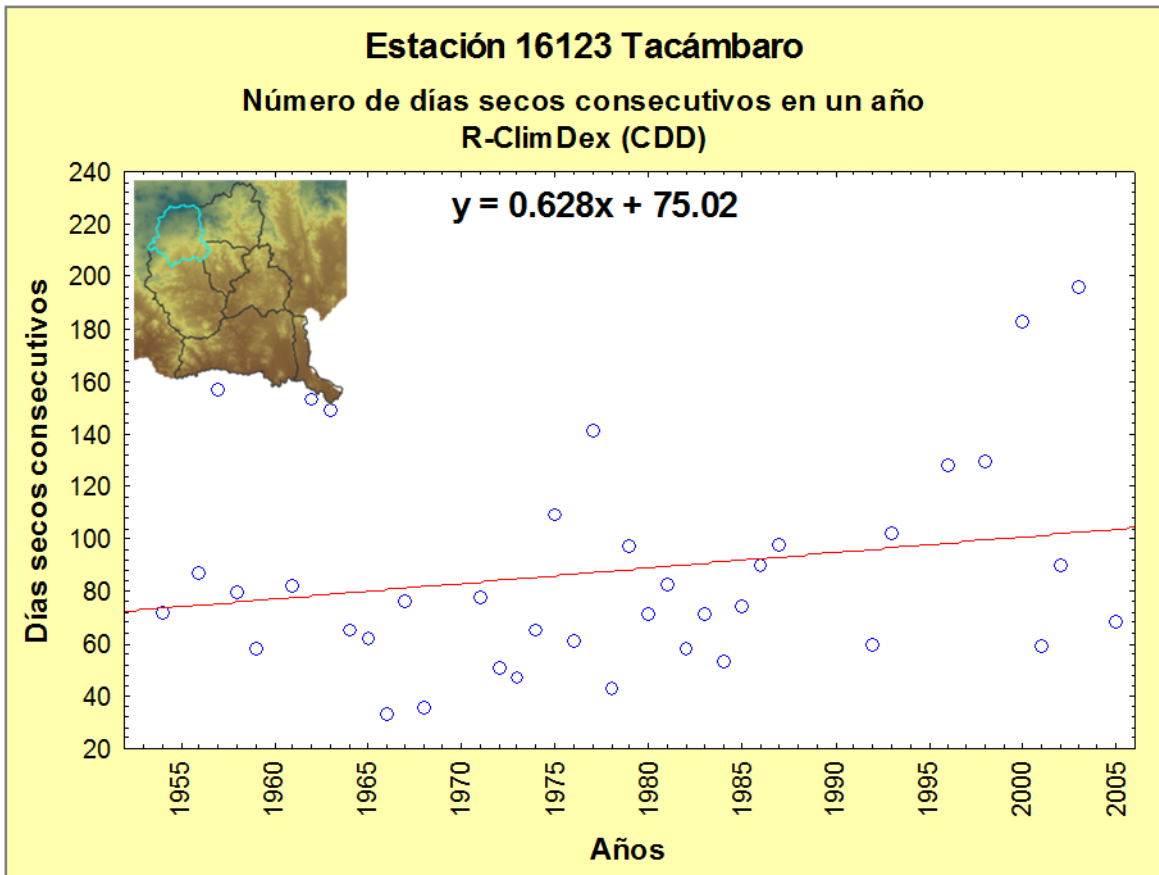


Figura 46. Número de días secos consecutivos de las estaciones de Tacámbaro

A nivel global, Trenberth y colaboradores (2007), registraron una reducción de los días y noches frías y un aumento en los días y noches calientes; respecto a los resultados del análisis del índice del número de días en el que la temperatura máxima supere la media, los resultados fueron consistente para las seis estaciones analizadas mostrando una tendencia al aumento (figuras 47-50).

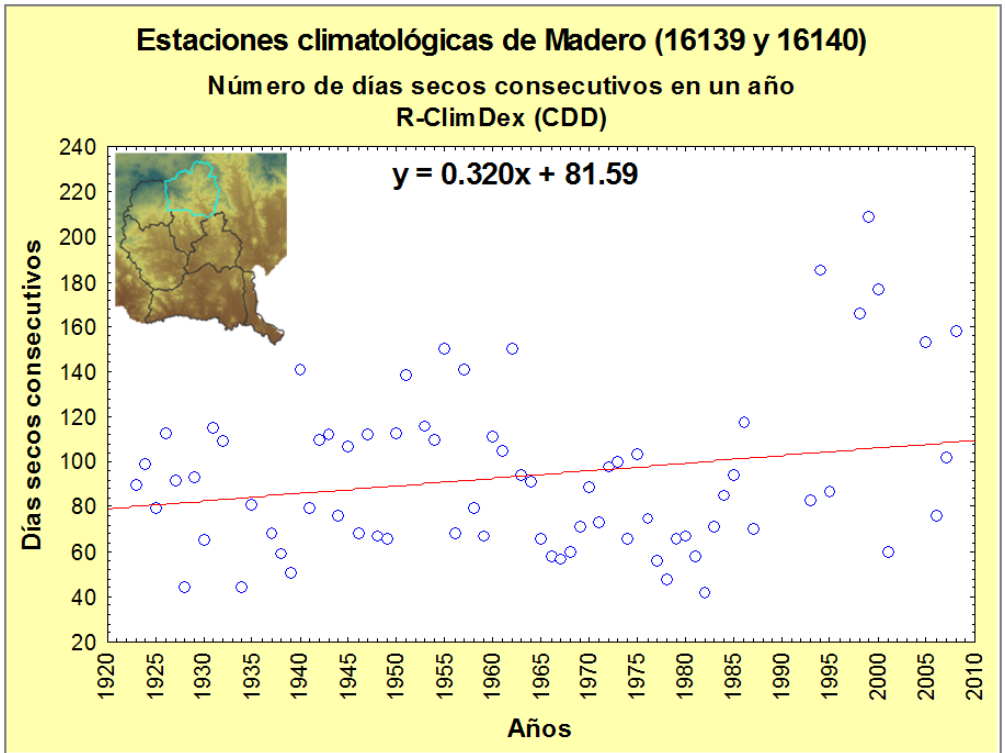


Figura 47. Número de días secos consecutivos de las estaciones de Madero

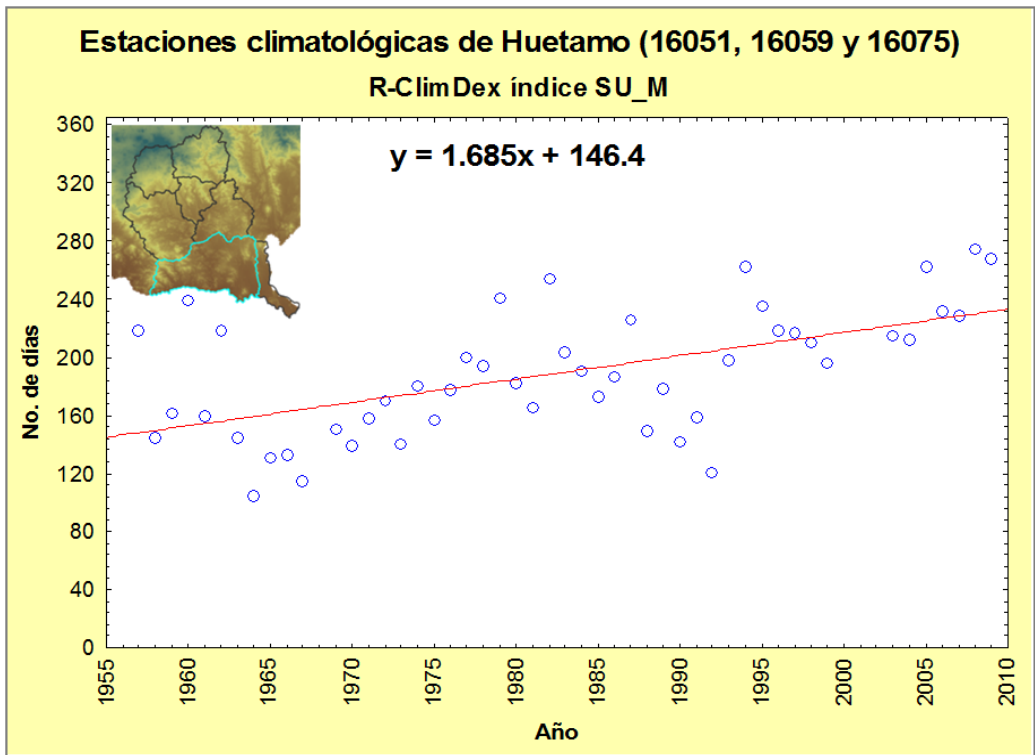


Figura 48. Número de días donde la tempera máxima supera la media de las estaciones

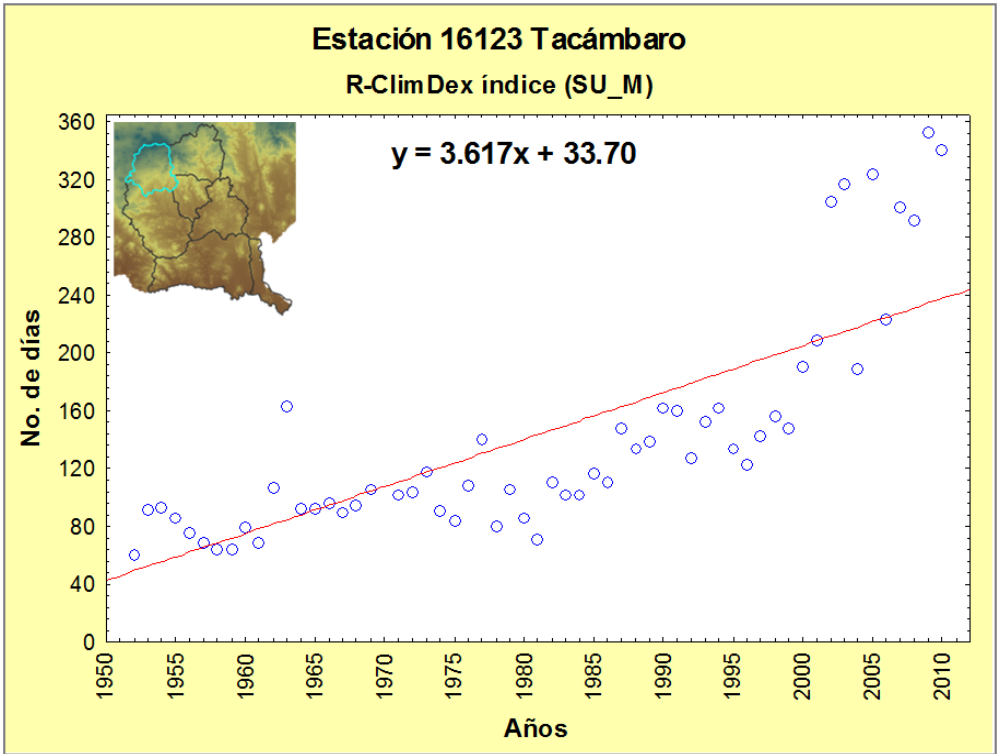


Figura 49. Número de días donde la tempera máxima supera la media de la estación 16123

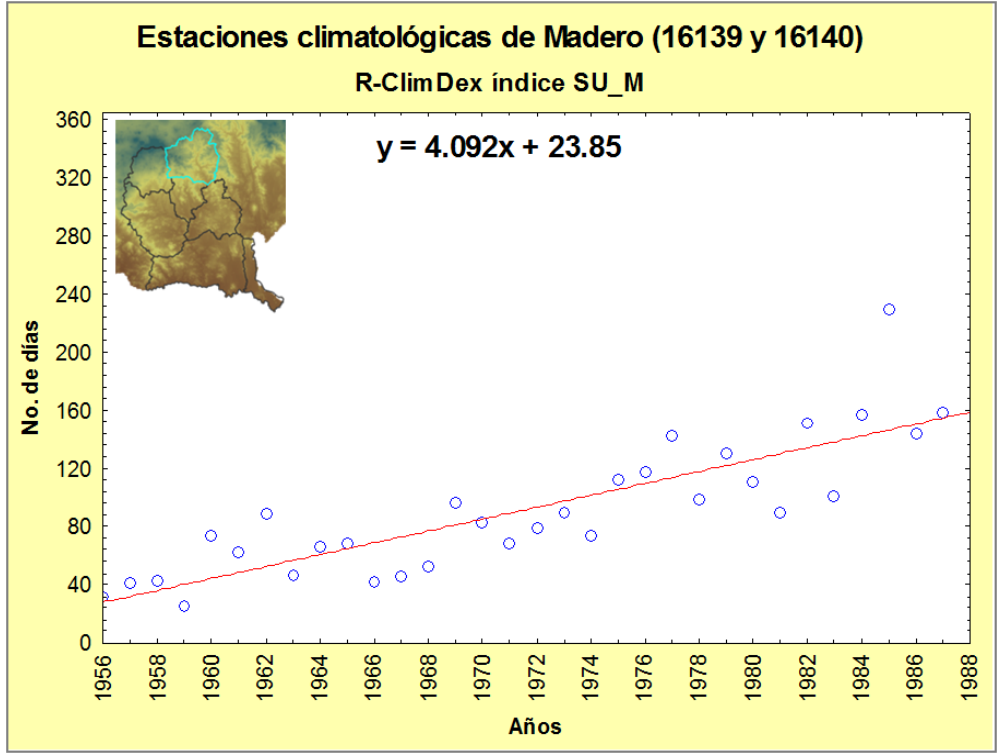


Figura 50. Número de días donde la tempera máxima supera la media de las estaciones

Los resultados de las ecuaciones de las figuras 45-47 muestran una tendencia hacia el aumento en el número de días secos consecutivos, del orden de 3.2, 6.2 y 9.6 días en los próximos 10 años, mientras que las figuras 48-50 mostraron un incremento en el número de días en que la temperatura máxima sobrepase la media de las máximas. Analizando las implicaciones de que incrementa el peligro e relación al número de días secos consecutivos y el aumento de las temperaturas máximas, será necesario investigar los umbrales de temperatura y humedad de los cultivos de temporal para poder saber hasta dónde tienen su umbral de resistencia.

5.5 La amenaza de sequía: índice de precipitación estandarizado

La precipitación asociada al valor del SPI corresponde al mínimo esperado para considerar un déficit hídrico, y la probabilidad de no excedencia, representa la probabilidad de que el la cantidad de precipitación asociado al SPI no sea superado. Con la finalidad de estudiar el fenómeno de la sequía en relación a la agricultura, se trabajó con el SPI-3 meses.

La figura 51 muestra los gráficos con los resultados del análisis, donde se observa claramente que en los meses de enero a marzo existe una tendencia a la sequía desde el año 2004 y hasta la fecha. Para el caso de los meses abril a junio la tendencia a la sequía inicia en 2003; pero los meses de julio a septiembre, inicia en 2003, no obstante se observa que 2006 fue un año húmedo en esos tres meses, sin embargo para los meses de octubre a diciembre la tendencia de sequía inicia en 2002, seguido de dos años normales y a partir del año 2005 los meses antes mencionados han sido anormalmente secos.

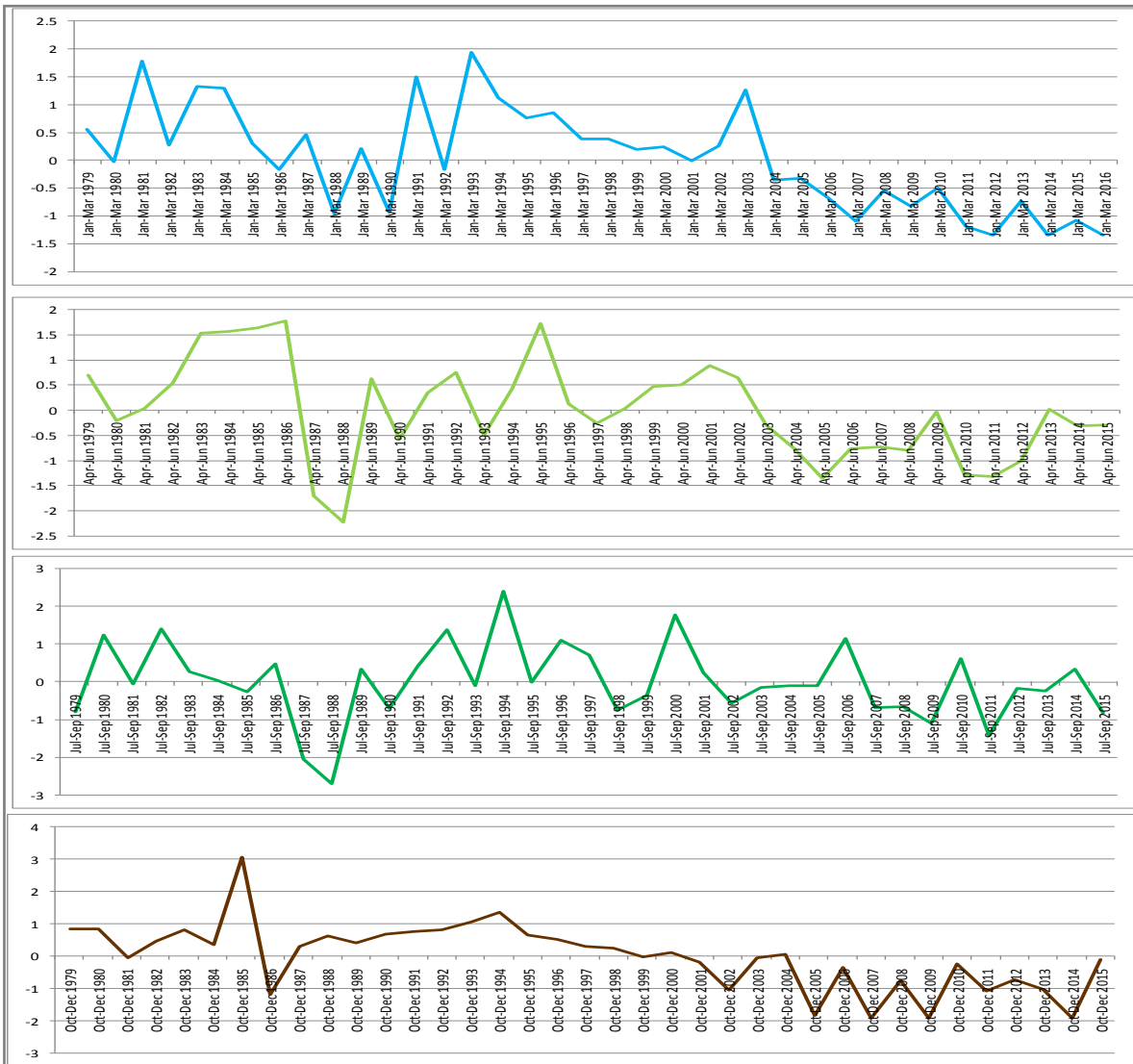


Figura 51. Resultados del SPI_3 meses para los municipios de la RTC

Fuente: Elaboración propia con datos de IRI (2016).

la tabla 31 muestra los resultados del análisis realizado con el SPI sobre la intensidad de las sequías, en las distintas estaciones climatológicas, donde los años de categoría excepcionalmente seco corresponden a los años que hubo fenómeno de El Niño con categoría de intenso. Debido a que no se tienen bases de datos de estaciones climatológicas disponibles para los municipios de Carácuaro y Nocupétaro, se tomaron los datos de la biblioteca de datos de IRI.

Tabla 31. Categorización de las sequías históricas (SPI)

Municipio	Estación	Periodo de datos	Años de registro	Sequías históricas (años) Categorías del SPI (Lloyd-Hughes et al., 2002).				
				Ligeramente seco	Moderada -mente seco	Muy seco	Extremadamente seco	Excepcionalmente seco
				-0.51 a -0.79	-0.80 a -1.29	-1.30 a -1.59	-1.60 a -1.99	≤-2.0
Huetamo	16075	1965-1999	30	3	4	2	1	0
	16059	1961-1999	34	4	5	3	0	0
	16049	1952-1992	40	5	4	3	1	0
Madero	16109	1923-2003	70	4	6	5	0	2
	16140	1962-1992	30	1	9	1	0	0
	16139	1944-1984	41	9	7	0	1	0
San Lucas	12019	1963-2007	42	5	4	2	2	0
Tacámbaro	16123	1922-2005	73	7	11	4	1	1
Turicato	16133	1969-2003	33	1	4	3	1	0
Carácuaro	IRI	1979-2015	37	3	6	0	1	1
Nocupétaro	IRI	1979-2015	37	3	6	0	1	1

Fuente: Elaboración propia

5.5.1 Probabilidad de no excedencia y periodo de retorno de las sequías en la RTC

La precipitación asociada al valor del SPI corresponde al mínimo esperado para considerar un déficit hídrico, y la probabilidad de no excedencia, representa la probabilidad de que el la cantidad de precipitación asociado al SPI no sea superado, mientras que el período de retorno se calcula en términos probabilísticos lo cual no implica que el proceso sea cíclico, o que deba siempre transcurrir cierto periodo de tiempo para que el evento se repita. Un periodo de retorno de 100 años para cierto evento significa, por ejemplo, que en 500 años de datos históricos, la sequía se ha presentado cinco veces, pero que en un caso pudieron haber transcurrido 10 años entre un evento y el siguiente, y en otro caso, 200 años.

La tabla 32 presenta los resultados del análisis realizado sobre la probabilidad de no excedencia y los periodos de retorno.

Tabla 32. Probabilidad de no excedencia y periodo de retorno

Estación	Municipio	Media	M-DS	Des. Stad.	DS*0.51	Probabilidad de no excedencia	Sequía si llueve menos de (mm) M-DS*0.51	Período de retorno, años
16051	Huetamo	798.3	619.1	179.1	91.4	0.34	706.9	2.91
16075		825.0	697.1	127.9	65.2	0.36	759.8	2.77
16059		950.9	749.3	201.6	102.8	0.33	848.1	3.00
16049		1084.6	894.9	189.4	96.6	0.31	987.8	3.23
16109	Madero	1143.7	841.9	301.9	154.0	0.28	989.8	3.61
16140		1213.3	984.7	228.7	116.6	0.35	1096.7	2.82
16139		1262.0	998.1	263.9	134.6	0.42	1127.4	2.39
12019	San Lucas	1002.9	831.5	171.5	87.4	0.30	915.5	3.31
16123	Tacámbaro	1159.7	915.3	244.4	124.7	0.35	1035.1	2.88
16133	Turicato	842.3	699.3	143.0	72.9	0.29	769.33	3.50
Datos *IRI	Carácuaro					0.29		3.45
Datos *IRI	Nocupétaro					0.29		3.45

Fuente: Elaboración propia

*IRI= Biblioteca de datos climáticos del Instituto Internacional de Investigaciones sobre el Clima y la Sociedad (IRI por sus siglas en inglés).

El análisis del SPI permitió visualizar el comportamiento histórico de la cantidad de precipitación anual acumulada. Los resultados sugieren que el riesgo de ocurrencia de una sequía, reflejada en las precipitaciones históricas, presentan una probabilidad de aparecer del 4%, es decir ocurren en promedio durante 4 años cada 100, con un periodo de retorno del orden de 52 años. Esto permite clasificar las sequías y también tener una idea de su probabilidad, la que es aplicable a todos los lugares debido a la normalización del índice. Uno de los inconvenientes de este método es que para determinar de manera razonable las condiciones de sequías extraordinarias, o eventos extremos, se requiere disponer de al menos 30 años de datos continuos.

Para el caso de los municipios de Carácuaro y Nocupétaro se trabajó con los datos extraídos de la biblioteca digital del Centro de Investigación IRI con un periodo de datos de 1980-2015, en donde es posible observar que de los 38 años de información sobre SPI, las sequías más intensas se han registrado en los últimos años; con categoría seco (SPI de -0.84 a -1.28) los años 2003, 2006, 2007, 2008 y 2014; con categoría Muy seco (SPI de -1.28 a -2.05) los años 2009 y

201 y de la categoría Extremadamente seco ≥ -2.05) el año 2015 (figura 53). La tabla 33 muestra la categorización del SPI de McKee et al., (1993).

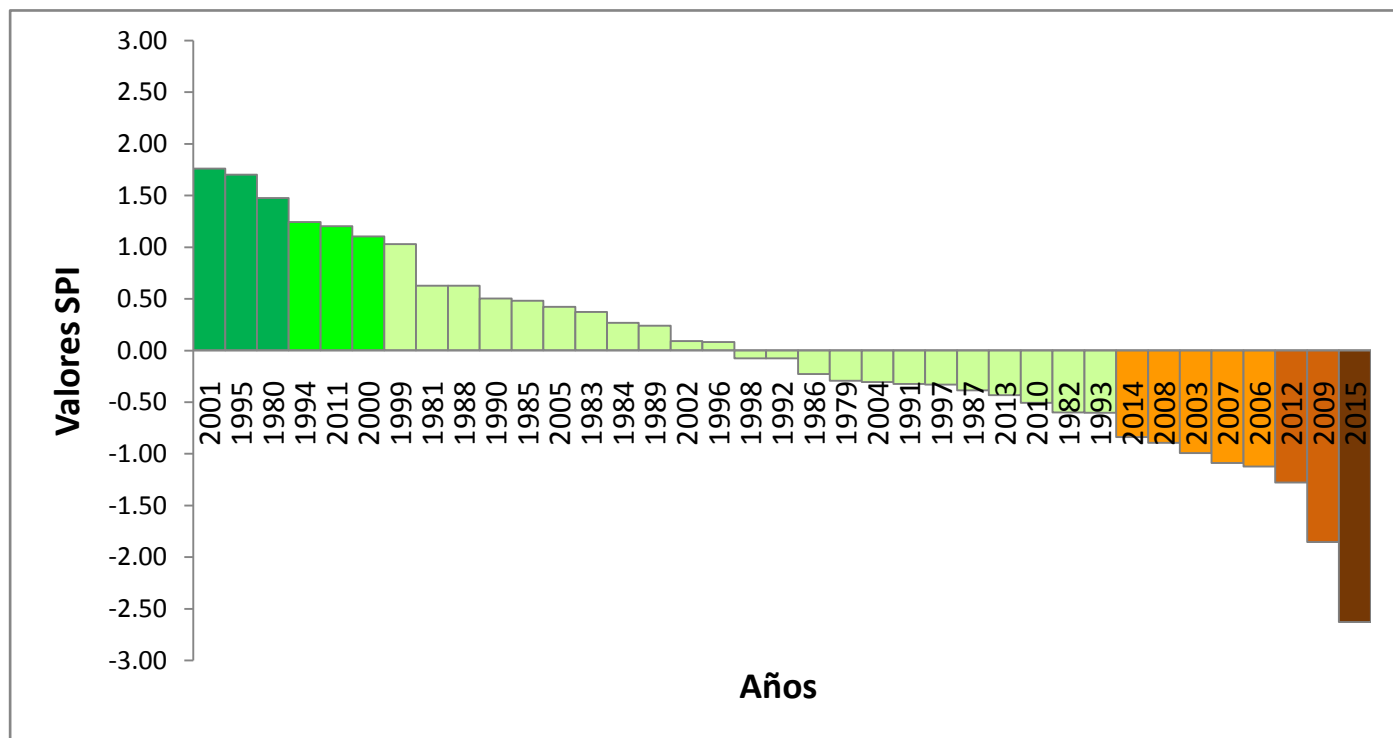


Figura 52. Valores SPI 1980-2015 de los municipios de Carácuaro y Nocupétaro
Fuente: Elaboración propia con datos de IRI (2015).

Tabla 33. Categorización del SPI

Categoría	Rango de valores SPI
Extremadamente seco	$-2.05 \leq$
Muy seco	-2.05 a -1.28
Seco	-1.28 a -0.84
Normal	-0.84 a 0.84
Húmedo	0.84 a 1.28
Muy húmedo	1.28 a 2.05
Extremadamente húmedo	$2.05 \geq$

Fuente: Elaboración propia, modificado de McKee y colaboradores (1993).

5.6 Los costos atribuibles al cambio climático

En el presente apartado se estimaron las pérdidas económicas atribuibles al cambio climático de la producción agrícola de temporal de la RTC, así como la reducción en la producción de maíz de grano a partir de los escenarios de cambio climático proyectados en la sección 5.3 del presente apartado.

5.6.1 La producción agrícola de temporal 2003-2015 de la RTC

La producción agrícola de temporal de los siete municipios de la RTC consta de los siguientes cultivos: Maíz grano, Sorgo forrajero verde, Ebo (Janamargo o Veza), Sorgo grano, Pastos, Tomate rojo (Jitomate), Chile verde, Sandía, Ajonjolí, Frijol, Avena forrajera, Cacahuete, Calabacita, Tomate verde, Jícama, Papa, Acelga, Pepino, Calabaza (semilla) o Chihua, Elote, Arroz palay, Garbanzo forrajero, Trigo grano y Jamaica, Camote (ver anexo IV).

La figura 53 muestra la importancia de los cultivos respecto a la superficie sembrada en hectáreas, donde el maíz es el más importante con el 66% de la superficie sembrada.

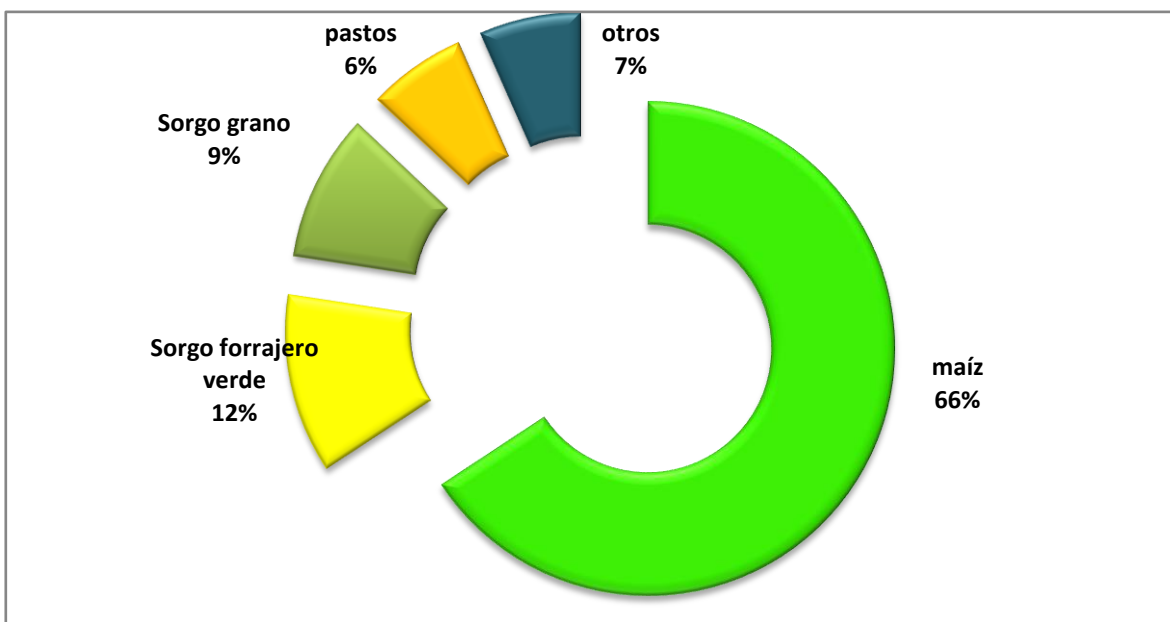


Figura 53. Importancia de los principales cultivos respecto a la superficie sembrada
Elaboración propia con datos de SIAP-SAGARPA 2003-2005

El Maíz, es el cultivo más importante con respecto al valor de la producción en pesos, aporta el 46%, seguido del sorgo forrajero verde con el 14 %, los pastos 9%, el tomate rojo o jitomate con el 9%, la sandía cada uno (figura 54).

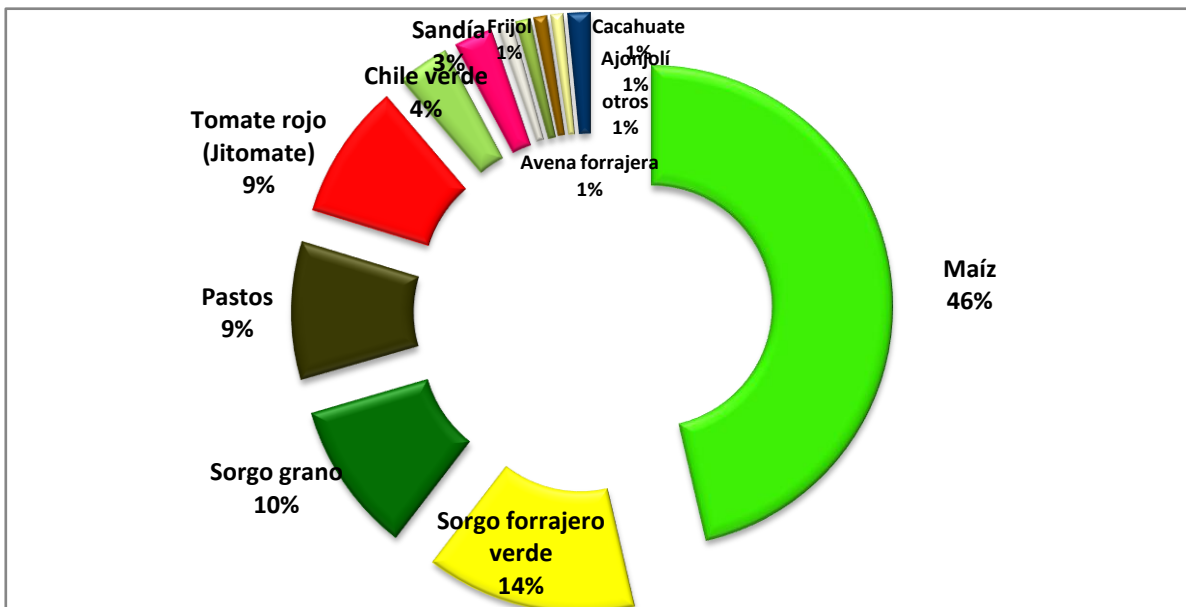


Figura 54. Importancia del valor de la producción de los cultivos de temporal de la RTC

Fuente: Elaboración propia con datos de SIAP-SAGARPA 2003-2005

Nota: *otros corresponden a Calabacita, Tomate verde, Jícama, Papa, Ebo janamaro, Acelga, Pepino, Calabaza (semilla) o Chihua, Elote, Arroz palay, Garbanzo forrajero, Trigo grano, Jamaica y Camote en ese orden de importancia.

5.6.2 Valor de la producción

Se estimó el valor de de la producción 2003-2015 en millones de pesos de los cultivos de temporal de los siete municipios a precios reales de año 2000 (INPC 2000 = 100), con la finalidad de apreciar si el incremento del valor de la producción es real. En los trece años de datos se observa un incremento del valor de la producción de 5.488 millones de pesos y una media de 244.2 (figura 55).

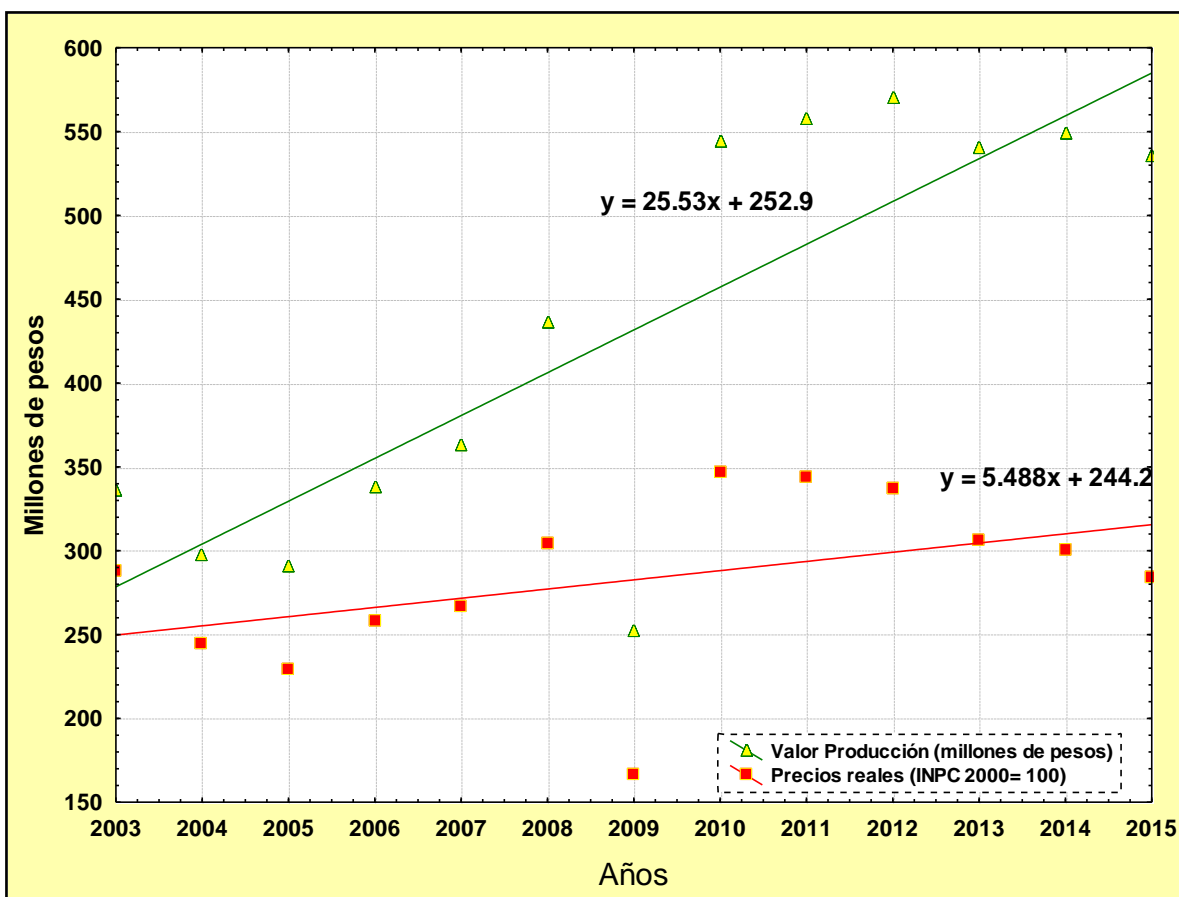


Figura 55. Valor de la producción en millones de pesos 2003-2015

Fuente: Elaboración propia con datos de SIAP-SAGARPA 2003-2005

Posteriormente se estimó la tasa media anual de crecimiento (TMAC) con la finalidad de observar el cambio en términos porcentuales de la producción agrícola de temporal, aplicando un factor de sucesión temporal. La figura 56 muestra que la TMAC ha sido negativa desde el año 2011 al 2015.

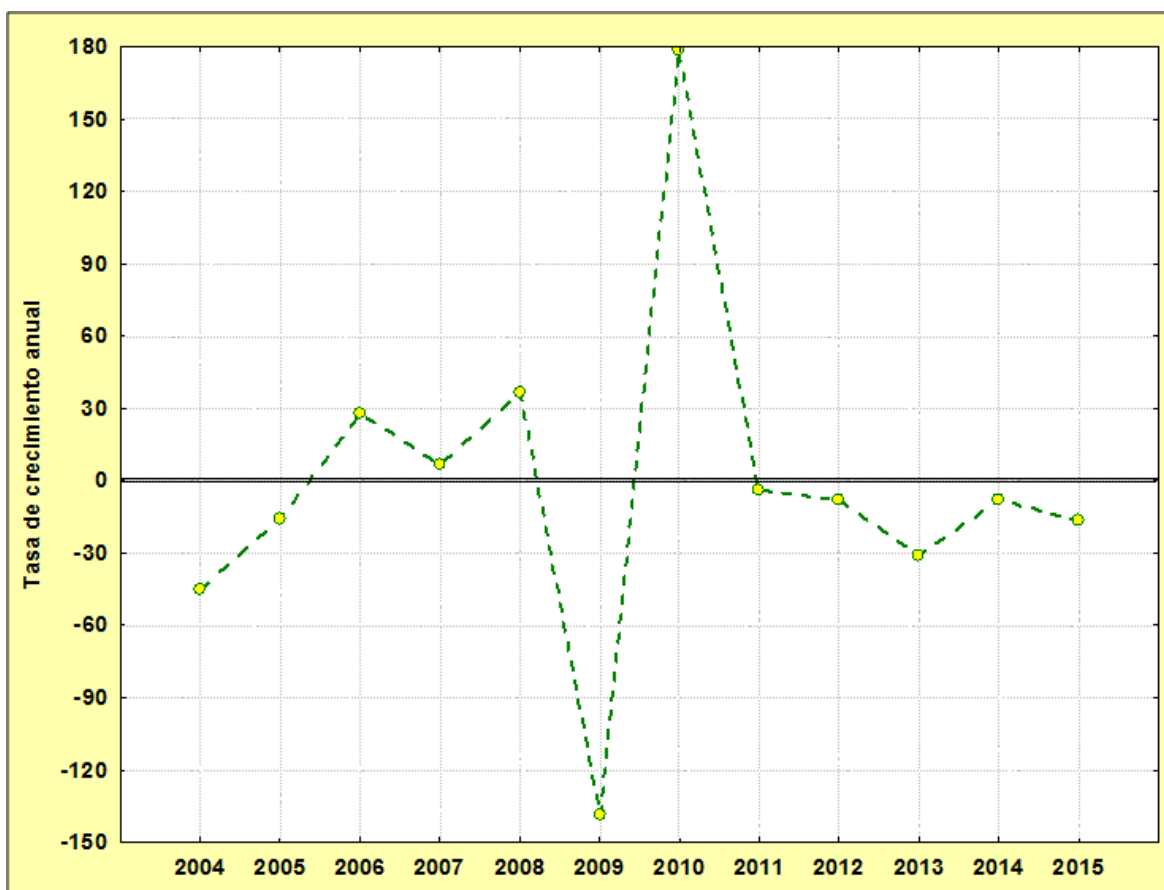


Figura 56. Tasa media anual de crecimiento de la agricultura de temporal

Fuente: Elaboración propia con datos de SAGARPA-SIAP (2015).

5.7 Modelo propuesto para estimar los costos atribuibles al cambio climático

Se diseñó un modelo bajo una serie de supuestos presentados en la sección 4.8.1 del capítulo III. Los pasos que se siguieron para la elaboración e interpretación del modelo fueron los siguientes:

- 1) Se estimó una línea base de producción agrícola de temporal 2003-2015 sin siniestro a precios reales de año 2000 (INPC 2000 = 100). Posteriormente se sumó el valor de la producción siniestrado atribuido al cambio climático.
- 2) Se calculó la tasa de crecimiento de la producción agrícola de temporal 2010-2015 de la línea base sin siniestro y se agregó el factor de crecimiento de 2%, correspondiente al crecimiento promedio y con ello se estimó el crecimiento 2016-2025.

- 3) Se estimó una proporción promedio del valor siniestrado de 2010 a 2015 (11.2%) para proyectar las pérdidas de los siniestros futuro (2016-2025).
- 4) Se estimó la proporción que representaría el siniestro con la tasa promedio de valor siniestrado multiplicada por la línea base
- 5) Se calibró la estimación con el promedio de el valor siniestrado de 2003-2015 a una desviación estándar del porcentaje de la proporción siniestrada, lo cual representa una diferencia del 18% entre el valor real y el valor estimado, dicha diferencia se aplica a la estimación 2015-2025 obteniendo el rango antes mencionado
- 6) Los costos económicos del cambio climático en la agricultura de temporal para los siguientes diez años, se sumaron al promedio del valor siniestrado.

La figura 57 presenta el escenario ideal de crecimiento de la línea base de crecimiento de la producción agrícola de temporal 2003-2015 sin siniestro.

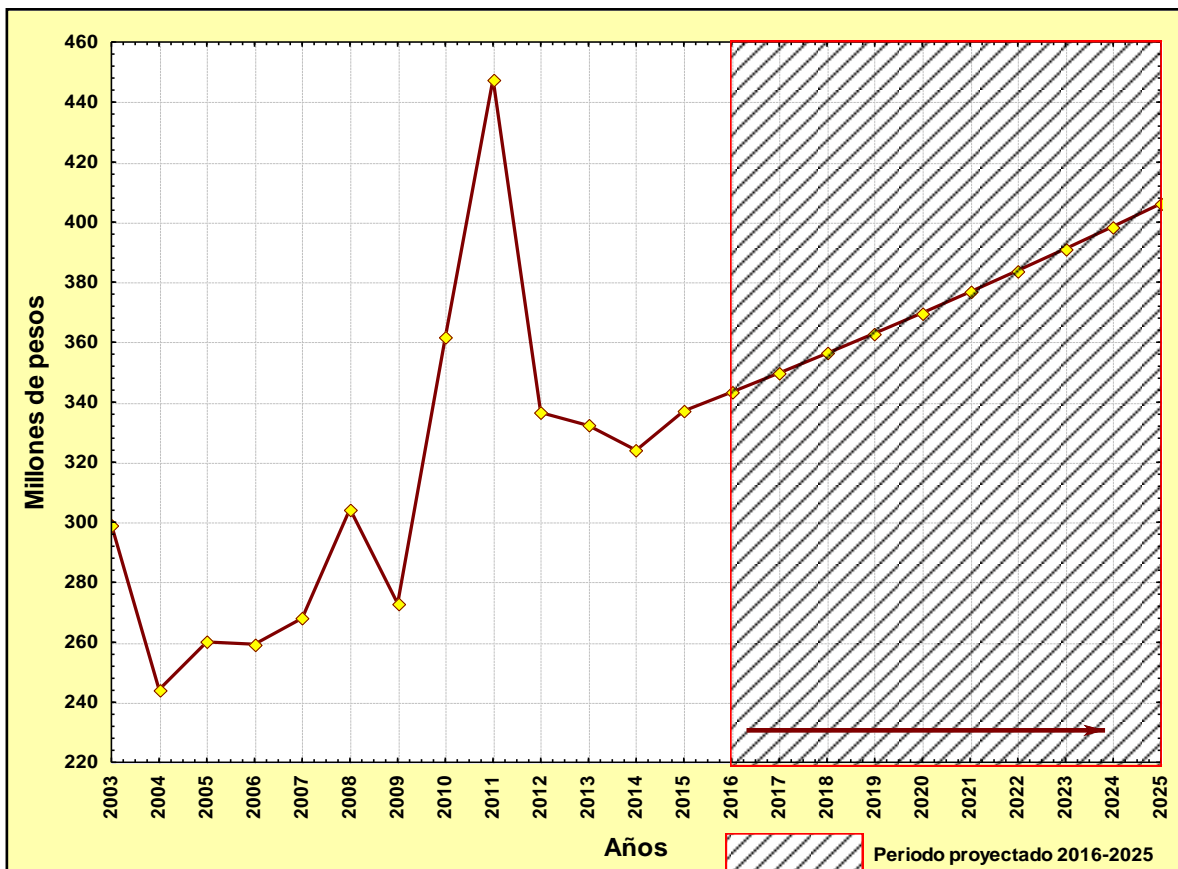


Figura 57. Proyección de la línea base de producción agrícola de temporal 2016-2025
Fuente: Elaboración propia.

Se calibró la estimación con el promedio de el valor siniestrado de 2003-2015 a una desviación estándar del porcentaje de la proporción siniestrada, lo cual representa una diferencia del 18% entre el valor real y el valor estimado, dicha diferencia se aplica a la estimación 2015-2025 obteniendo el rango antes mencionado.

La figura 58 presenta el valor del siniestro acumulado proyectados del 2016 al 2025; las pérdidas económicas estimadas por siniestros a precios reales del año 2000 (INPC 2000 = 100). es de \$530,147,480 pesos, mas una desviación estándar (18.02%) y menos una desviación estándar.

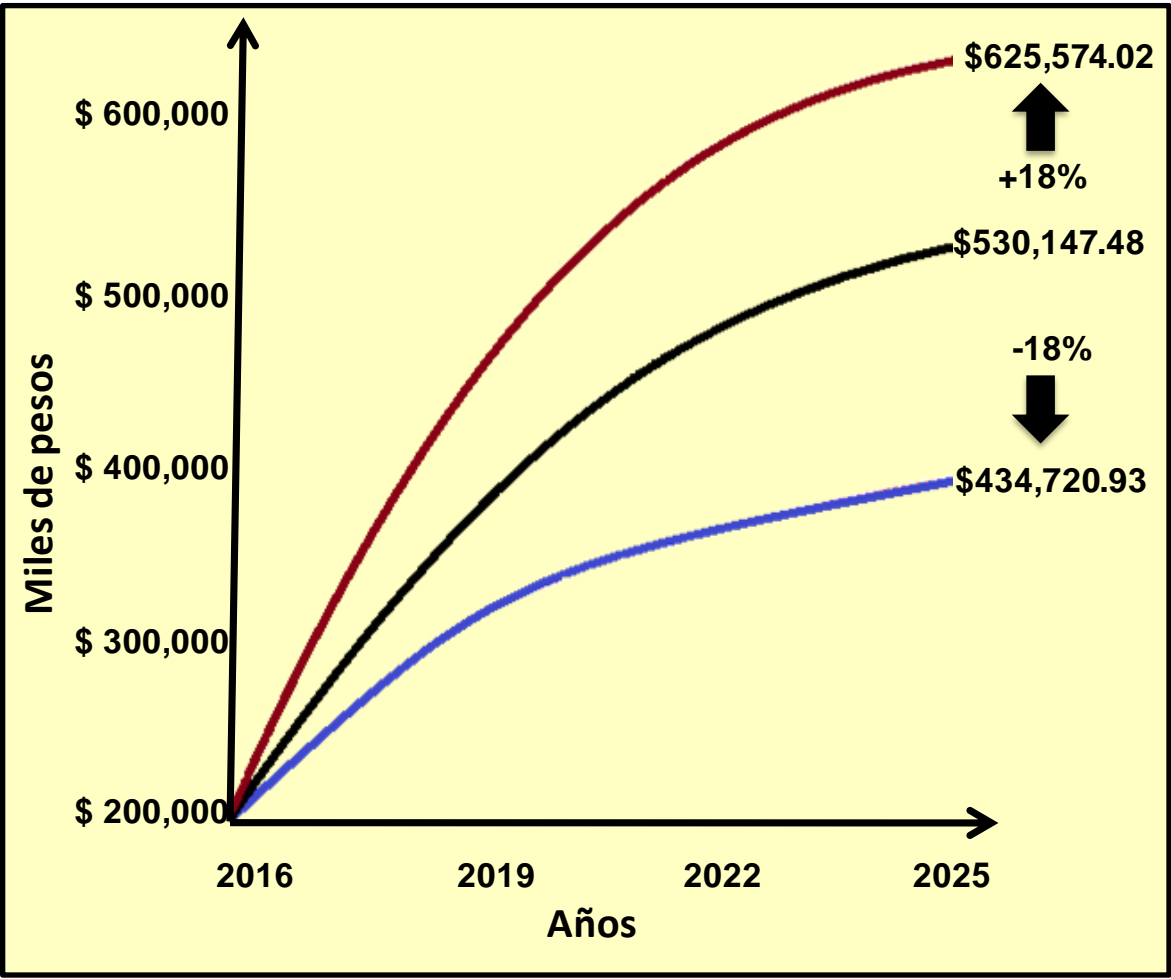


Figura 58. Pérdidas económicas acumuladas (2016-2025) a precios del año 2000
Fuente: Elaboración propia con base en los resultados del modelo.

5.8 Rendimientos de maíz en la RTC bajo escenarios de cambio climático

El maíz, es el cultivo más importante de la RTC en la producción agrícola de temporal, tanto por el valor de la producción como por la superficie se sembrada; representa del 46% de valor de la producción de agricultura de temporal, así como el 66% de la superficie sembrada. La reducción del ciclo fenológico del cultivo de maíz por el incremento de la temperatura debido al calentamiento global se traducirá en una reducción del rendimiento, al reducirse los periodos de absorción de nutrientes, de intercepción de energía solar y de actividad metabólica (Ojeda et al., 2012).

En la figura 59 se aprecia que el rendimiento de maíz en toneladas por año no ha variado significativamente en los últimos 13 años, mostrando una ligera tendencia positiva de $0.002x$ con una media de 2.22 toneladas por hectárea sembrada.

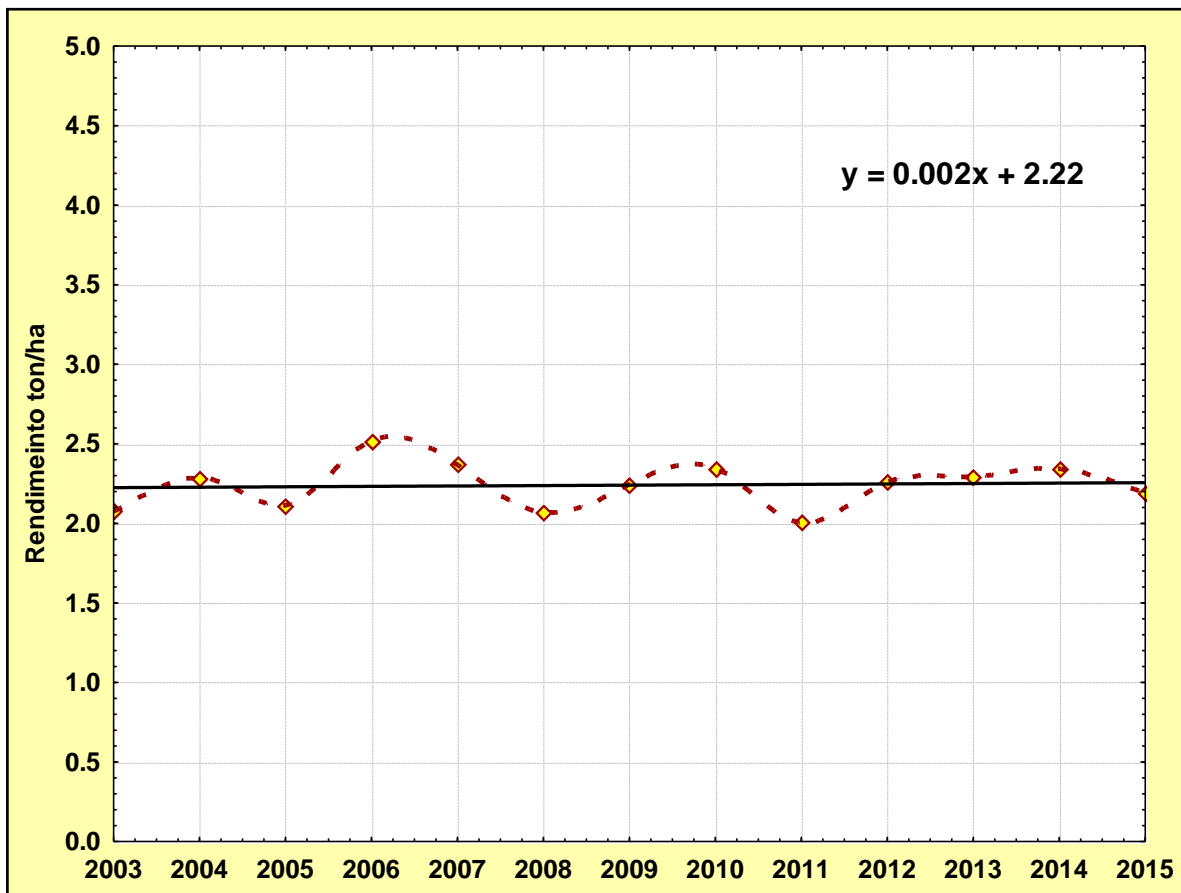


Figura 59. Rendimiento del maíz 2003-2015

Fuente: Elaboración propia con datos de SAGARPA-SIAP (2003-2015).

Lobell y colaboradores (2008), estimaron para México una reducción del 5% en el rendimiento de maíz aplicando el Modelo CERES-Maize. En el presente apartado, se tomó de referencia las estimaciones de Lobell y los resultados de las proyecciones de la temperatura máxima de los escenarios de cambio climático obtenidos en la presente investigación, esto con la finalidad de presentar el comportamiento de la producción del maíz en toneladas/año para los siete municipios de la RTC en los escenarios 2025, 2050 y 2075.

La tabla 34 muestra el incremento de la temperatura máxima bajo los escenarios A2 y A1B en los horizontes de tiempo 20125, 20150 y 2075. Para los municipios de Madero y Huetamo que contaron con más de una estación para su análisis, se promediaron los rangos obtenidos por LAR's, mientras que para los municipios de Carácuaro, Nocupétaro y San Lucas, se obtuvieron los valores de la estación más cercana.

Tabla 34. Incremento de temperatura máxima bajo escenarios de cambio climático

Municipio	Incremento de temperatura Escenario A2			Incremento de temperatura Escenario A2		
	2025	2050	2075	2025	2050	2075
Madero	0.9°C	1.6°C	2.6°C	1.0°C	1.7°C	2.5°C
Turicato	0.5°C	1.2°C	2.2°C	0.6°C	1.3°C	2.1°C
Carácuaro	0.9°C	1.6°C	2.6°C	0.9°C	1.7°C	2.4°C
Huetamo	0.6°C	1.3°C	2.3°C	0.6°C	1.4°C	2.1°C
San Lucas	0.9°C	1.6°C	2.6°C	0.9°C	1.7°C	2.4°C
Nocupétaro	0.9°C	1.6°C	2.6°C	0.9°C	1.7°C	2.4°C
Tacámbaro	1.1°C	1.8°C	2.8°C	1.1°C	1.9°C	2.6°C

Fuente: Elaboración propia

Nota: los datos de los municipios de Carácuaro, Nocupétaro y san Lucas se obtuvieron de la estación 16075, Los Pinzanes (CFE) de Huetamo.

En la tabla 35 se presentan los porcentajes de la reducción proyectada para la producción de maíz con respecto al aumento de temperatura de acuerdo a los valores presentados en la tabla 34.

Tabla 35. Porcentaje de la reducción de rendimiento de maíz bajo escenarios de cambio climático

Municipio	Porcentaje de la reducción de los rendimientos Escenario A2			Porcentaje de la reducción de los rendimientos Escenario A2		
	2025	2050	2075	2025	2050	2075
Madero	4.4%	7.9%	12.9%	4.8%	8.4%	12.4%
Turicato	2.5%	6.0%	11.0%	3.0%	6.5%	10.5%
Carácuaro	4.5%	8.0%	12.8%	4.5%	8.5%	12.0%
Huetamo	2.8%	6.3%	11.3%	3.0%	6.8%	10.5%
San Lucas	4.5%	8.0%	12.8%	4.5%	8.5%	12.0%
Nocupétaro	4.5%	8.0%	12.8%	4.5%	8.5%	12.0%
Tacámbaro	5.5%	9.0%	14.0%	5.5%	9.5%	13.0%

Fuente: Elaboración propia.

Si se toma en consideración la producción de maíz en toneladas del período 2003-2015 en valores reales (deflactados) del 2000=100 y los porcentajes de reducción por los efectos del aumento de temperatura propuesto por Lobell y colaboradores, (2008) (tabla 36).

Tabla 36. Reducción de la producción de maíz bajo escenarios de cambio climático

Municipio	Producción toneladas 2003-2015	Reducción de los rendimientos Escenario A2			Reducción de los rendimientos Escenario A2		
		2025	2050	2075	2025	2050	2075
Madero	21495.9	940.4	1692.8	2767.6	1021.1	1800.3	2660.1
Turicato	11232.9	280.8	674.0	1235.6	337.0	730.1	1179.5
Carácuaro	10468.1	471.1	837.4	1334.7	471.1	889.8	1256.2
Huetamo	8309.4	235.4	526.3	934.8	249.3	567.8	872.5
San Lucas	7938.6	357.2	635.1	1012.2	357.2	674.8	952.6
Nocupétaro	7472.9	336.3	597.8	952.8	336.3	635.2	896.7
Tacámbaro	6596.9	362.8	593.7	923.6	362.8	626.7	857.6

Fuente: Elaboración propia.

Debido a que la producción de maíz de temporal, es un cultivo de subsistencia para los siete municipios de la RTC y que, de acuerdo a los datos analizados la superficie sembrada presenta una tendencia decreciente lo que se traduce en una reducción en la superficie cosechada, y una reducción de la producción anual, fue posible realizar las proyecciones de la reducción de la

producción siguiendo la metodología de la economía del cambio climático de Stern (2009).

La figura 60 presenta los datos presentados en la tabla 36, donde es posible observar que Madero, es el municipio que tendrá un mayor rango de reducción en la producción de maíz de temporal en toneladas, en proporción a la producción promedio del periodo 2003-2015 bajo los dos escenarios analizados en los tres horizontes de tiempo, seguido de Carácuaro y Turicato.

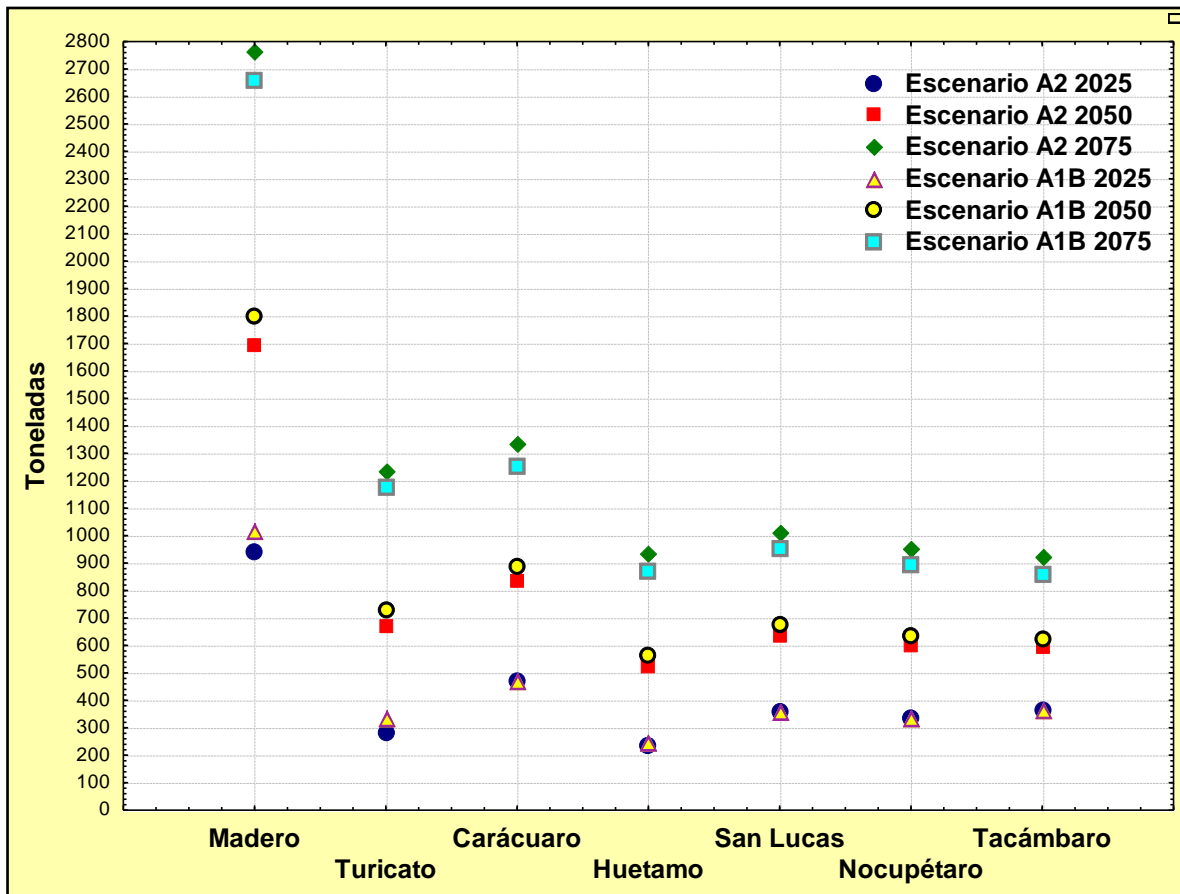


Figura 60. Rangos de reducción de la producción de maíz bajos los escenarios A2 y A1B
Fuente: Elaboración propia.

5.9 Índice de Vulnerabilidad socioeconómica (IVSE)

En la presente sección se muestran los resultados de la vulnerabilidad socioeconómica y agrícola obtenidos a través del cálculo de los diferentes índices propuestos en el capítulo metodológico construidos a través de variables e indicadores sociales, económicas y agrícolas (tabla 37).

Tabla 37. Resultados del cálculo de los índices IVSO, IVIEA e IVSE

Municipio	IVSO_st	IVIEA_st	IVSE
Carácuaro	0.142	0.137	0.279
Huetamo	0.067	0.087	0.154
Madero	0.143	0.203	0.346
Nocupétaro	0.284	0.215	0.499
San Lucas	0.081	0.130	0.211
Tacámbaro	0.058	0.095	0.153
Turicato	0.226	0.132	0.358

IVSO_st = Índice de vulnerabilidad social estandarizado

IVIEA_st = Índice de vulnerabilidad del impacto de la economía en la agricultura estandarizado

IVSE = Índice de vulnerabilidad socioeconómica

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a Indicador de Importancia de la economía agrícola, los valores oscilaron entre 3.7 y 4 donde Tacámbaro presentó el valor más bajo y Carácuaro el valor más alto; lo anterior indica que en Carácuaro existe una mayor especialización económica, una mayor concentración de la población en el sector primario, una mayor participación de la agricultura en la economía municipal y menor diversificación de las actividades económicas municipales.

Otro de los indicadores analizados para la obtención del Índice de Vulnerabilidad Social (IVSO) y que resultó con mayor peso de acuerdo al análisis de componentes principales (ACP) realizado a cada índice obtenido, fue el Índice de Desarrollo Humano (IDH); la tabla 38 muestra los valores del IDH obtenidos con la metodología del PNUD (2011). Los valores muestran que para el año 2010 los municipios de Nocupétaro y Turicato los reportan los valores más bajos del IDH, mientras que Huetamo y san Lucas presentan los valores más altos.

Tabla 38. Evolución del índice de desarrollo humano de los municipios de la RTC

Municipios	Años				
	1990	1995	2000	2005	2010
Carácuaro	0.413	0.494	0.694	0.685	0.815
Huetamo	0.546	0.646	0.743	0.817	0.906
Madero	0.501	0.606	0.73	0.777	0.876
Nocupétaro	0.401	0.509	0.635	0.704	0.811
San Lucas	0.501	0.639	0.732	0.807	0.894
Tacámbaro	0.617	0.722	0.765	0.793	0.831
Turicato	0.524	0.597	0.667	0.676	0.725

Fuente: Elaboración propia con base en datos de INEGI (2013b), y PNUD (2013).

Respecto a los resultados del IVSO, Nocupétaro y Turicato son los municipios que presentaron los valores más altos, datos que son consistentes con los valores del IDH presentados en la tabla 38.

Referente a los valores obtenidos del IVSO, si retomamos lo expuesto por Kaztman (2000), quien define la vulnerabilidad social como la incapacidad de una persona o de un hogar para aprovechar las oportunidades, disponibles en distintos ámbitos socioeconómicos, para mejorar su situación de bienestar o impedir su deterioro, así como el desaprovechamiento de oportunidades implica un debilitamiento del proceso de acumulación de activos y que las situaciones de vulnerabilidad suelen desencadenar sinergias negativas que tienden a un agravamiento progresivo, retoman gran relevancia los resultados obtenidos en el IVSO, porque la población de los municipios que presentaron los valores más altos a su vez serán los más vulnerables ante las problemáticas sociales, económicas y ambientales.

El segundo componente del IVSE es el Índice de Vulnerabilidad del Impacto de la Economía en la Agricultura (IVIEA), cuyos componentes son el Índice de especialización económica, el índice de concentración de la población en el sector primario, los datos de la participación de la agricultura en la economía municipal y el índice de diversificación de las actividades económicas

municipales. Los indicadores para el IVIEA se obtuvieron del Censo Ejidal de INEGI (2007) y SIAP-SAGARPA, tanto para superficies, como para cultivos. La figura 61 esquematiza los resultados del índice de vulnerabilidad socioeconómica resultado de la suma de índice de vulnerabilidad social y el índice de vulnerabilidad del impacto de la economía de la agricultura. Nocupétaro, Turicato y Madero, son los municipios que presentan los valores más altos, mientras que, Tacámbaro y Huetamo presentan los valores más bajos de IVSE.

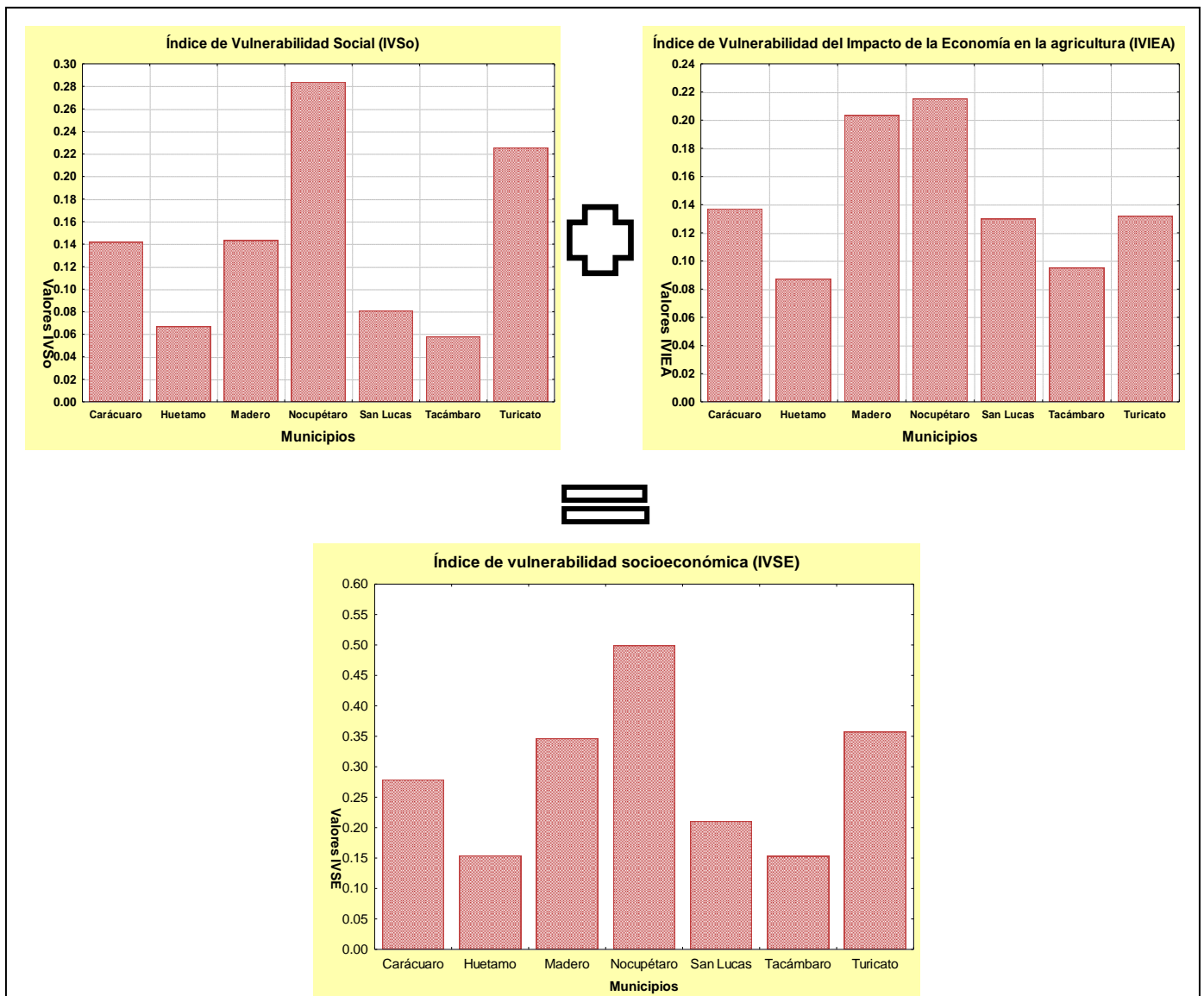


Figura 61. Resultados del IVSE
Fuente: Elaboración propia.

5.10 Exposición

5.10.1 Exposición de los productores agrícolas

Si se toma en cuenta que el riesgo hace referencia al punto de cruce entre la progresión de la vulnerabilidad y las amenazas, específicamente de la vulnerabilidad interna (social) de una población y un lugar en específico con la exposición a los factores de riesgo biofísico externos (sequías, huracanes, heladas, granizadas, etc.), entonces es importante identificar los elementos que aumentan la exposición de los pobladores de la Región Tierra Caliente. Lo primero es tomar en cuenta que la actividad agrícola y pecuaria, son las actividades económicas más importantes de la Región y éstas dependen directamente de la disponibilidad de agua para desarrollarlas, es por ello que se tomó en cuenta el valor de la producción total agrícola y pecuaria, así como el índice de marginación para plantear la exposición en el modelo de riesgo.

Respecto a la producción de maíz de temporal de la RTC, la sequía se presume como la principal amenaza climática, ya que esta somete a la planta a un estrés hídrico severo además de estar acompañada de temperaturas altas que afectan en el crecimiento, desarrollo y maduración de la planta. Para evaluar la amenaza se consideraron los valores históricos de precipitaciones; se analizaron con el Índice de Precipitación Estandarizados (SPI, por sus siglas en inglés) y se identificaron los períodos de sequía.

El total del valor de la producción agrícola se obtuvo del Anuario Estadístico de la Producción Agrícola del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera del período 2003-2014 (SAGARPA, 2015a), mientras que los datos del total de la producción pecuaria de obtuvieron del reporte de la producción pecuaria por municipio 2006-2014 (SAGARPA, 2015b).

Componentes de la Exposición considerados en la presente investigación:

- > Valor total de la producción agrícola de temporal
- > Valor total de la producción pecuaria
- > Índice de marginación

Con respecto a la relación entre la superficie total sembrada de temporal 2003-2014 y la superficie siniestrada de los siete municipios de la RTC la ecuación muestra que por cada hectárea sembrada se siniestra el 21.8% con un valor de R del 7.55 (figura 62).

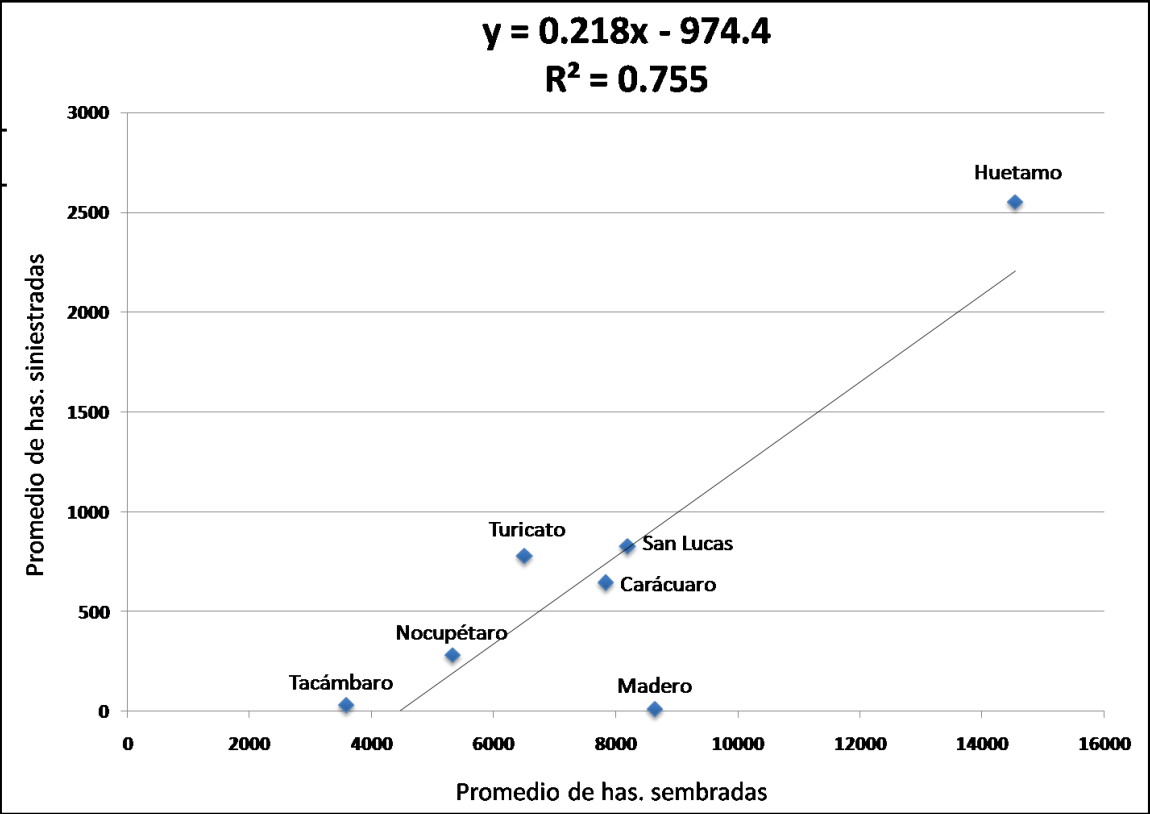


Figura 62. Correlación de la superficie sembrada y la superficie siniestrada por municipio
Fuente: Elaboración propia.

5.10.2 El índice de marginación

El índice de marginación permitió diferenciar entidades federativas y municipios según el impacto global de las carencias que padece la población, como resultado de la falta de acceso a la educación, la residencia en viviendas inadecuadas, la percepción de ingresos monetarios insuficientes y las relacionadas con la residencia en localidades pequeñas.

Así, el índice de marginación considera cuatro dimensiones estructurales de la marginación; identifica nueve formas de exclusión y mide su intensidad espacial como porcentaje de la población que no participa del disfrute de bienes y servicios esenciales para el desarrollo de sus capacidades básicas.

5.10.3 Índice de exposición

En la presente investigación, se construyó un índice sintético que incorpora valores ponderados como el total de la producción agrícola de temporal, el valor de la producción pecuaria y el índice de marginación ponderado. La tabla 39 muestra los resultados obtenidos en el índice de exposición.

Tabla 39. Resultados de la exposición

Municipios	Valor de la producción agrícola de temporal	Valor de la producción pecuaria	Índice de Marginación ²⁶ ponderado	Índice de exposición
Huetamo	0.34	0.33	0.13	0.80
Turicato	0.12	0.18	0.16	0.45
San Lucas	0.17	0.10	0.14	0.42
Carácuaro	0.13	0.11	0.16	0.39
Nocupétaro	0.08	0.11	0.17	0.36
Madero	0.10	0.08	0.15	0.33
Tacámbaro	0.06	0.09	0.10	0.25

Fuente: Elaboración propia

En realidad, cada valor que conforma el índice de exposición presentado en la tabla 39 por separado, no dicen nada por sí solos, es decir, el índice de exposición se obtuvo de la integración de los tres componentes evaluados con valores ponderados con la finalidad de poder comparar los siete municipios de la RTC.

La figura 63 muestra el mapa de exposición al riesgo por municipio. Los colores más claros representan a los municipios menos expuestos y los más fuertes a los más expuesto.

El Índice de marginación combina nueve indicadores socioeconómicos (población analfabeta de 15 años o más, porcentaje de población sin primaria completa de 15 años o más, ocupantes en vivienda sin drenaje ni servicios sanitarios, ocupantes en vivienda sin energía eléctrica, ocupantes en vivienda sin agua entubada, viviendas con algún nivel de hacinamiento, ocupantes en vivienda con piso de tierra, población en localidades con menos de 5 mil habitantes, población ocupada con ingresos de hasta 2 salarios mínimos) (CONAPO, 2006).

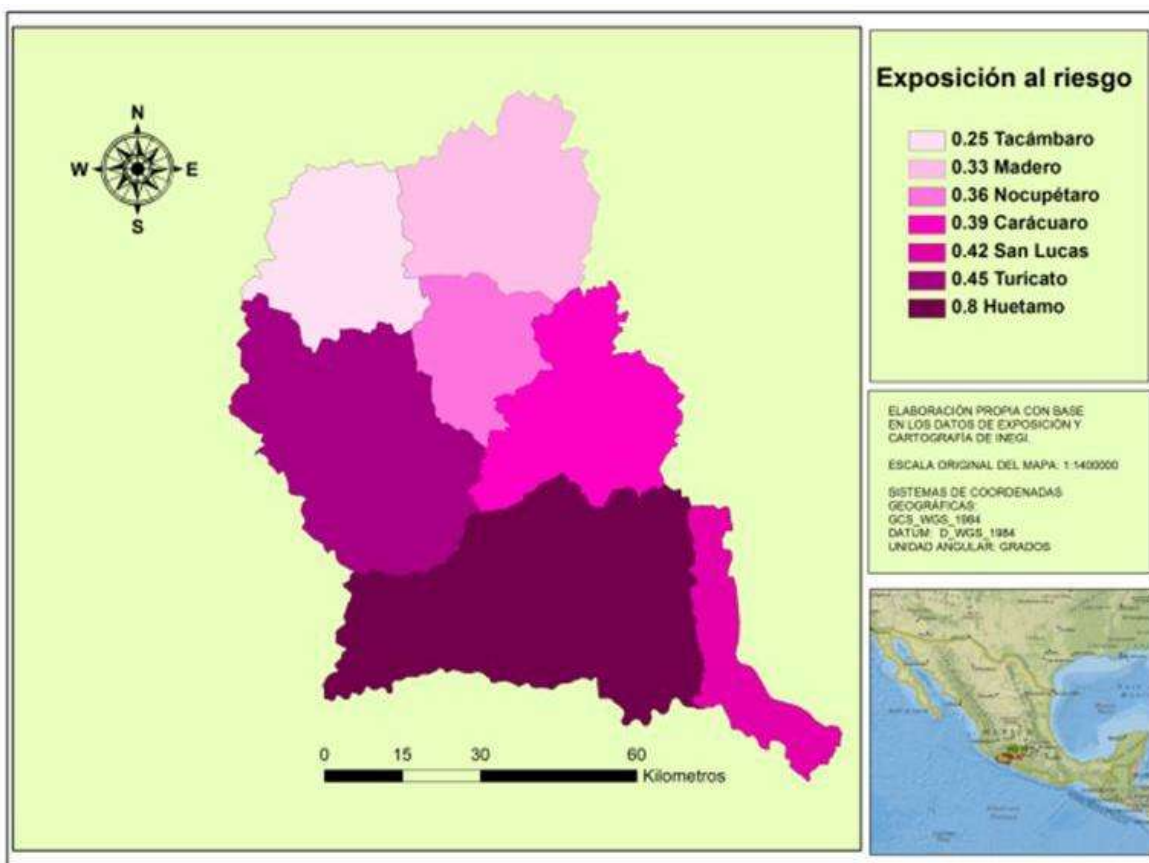


Figura 63. Mapa de exposición de la RTC

Fuente: Elaboración propia.

Entonces, partiendo de la definición de exposición del IPCC (2014), si la exposición se entiende como la presencia de personas, vidas, servicios y recursos ambientales, infraestructura o activos económicos, sociales o culturales en lugares que pueden ser afectados de manera adversa, estaríamos partiendo de tres supuestos:

- › Están más expuestos los municipios que dependen económicamente de la producción agrícola de temporal.
- › Están más expuestos los municipios donde la actividad pecuaria
- › Están más expuestos los municipios que presentan un mayor índice de marginación.

Huetamo es el municipio más expuesto a sufrir pérdidas en la producción debido a que es el municipio que presenta el mayor valor de la producción agrícola

de temporal y el mayor valor de la producción pecuaria, y Tacámbaro es el municipio menos expuesto debido a que su producción de temporal es baja, así como la producción pecuaria y, además, es el municipio con el valor más bajo de marginación de los siete municipios de la RTC.

5.11 Resultados de la Resiliencia de los productores agrícolas

5.11.1 Tipificación de la agricultura

Respecto a la tipificación agrícola, arrojó los siguientes resultados que describen el tipo de agricultura predominante en cada municipio de la RTC, donde, seis de los siete municipios de la RTC se ubicaron en agricultura de manutención y solo el municipio de Tacámbaro se ubicó con agricultura mixta (figura 64), lo anterior significa que es mínima la cantidad de productores que poseen: riego tecnificado, tecnologías, asesoría técnica y acceso a mercados más allá de la región.

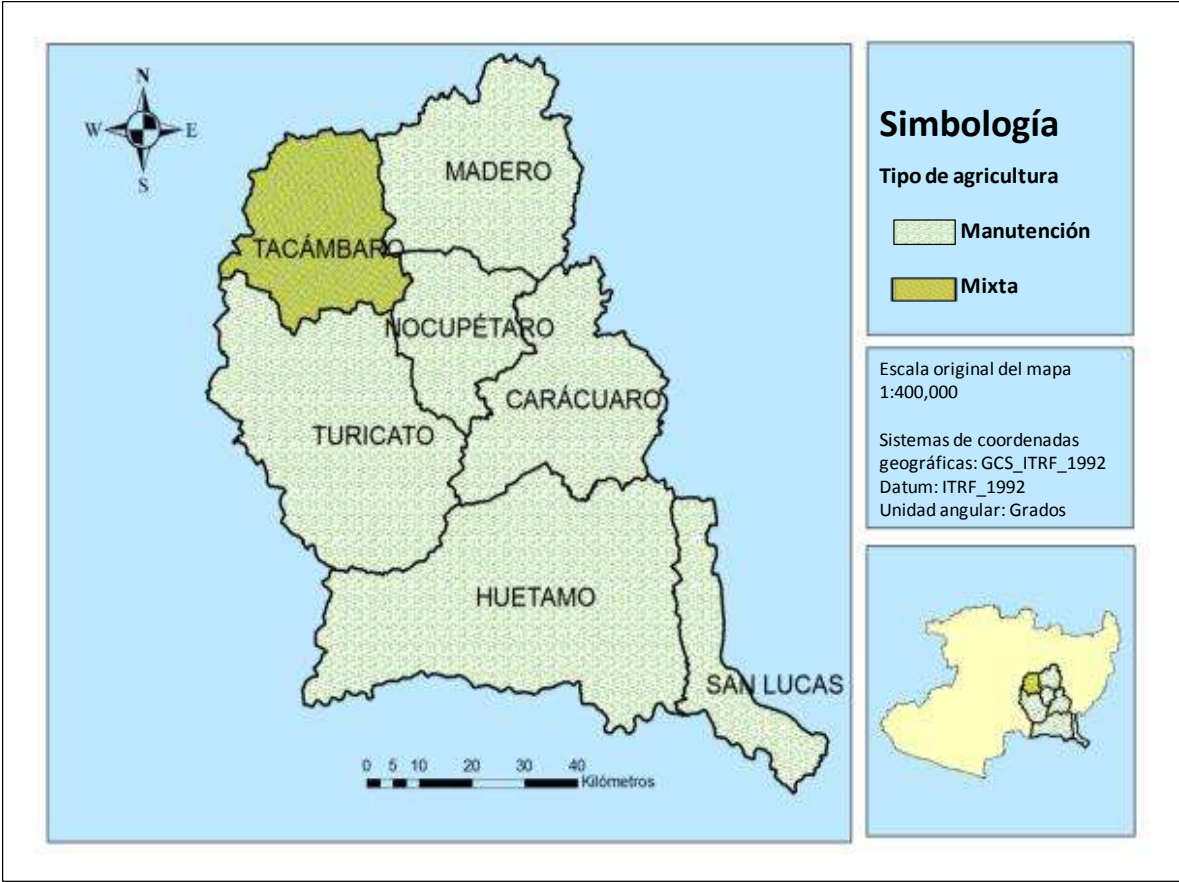


Figura 64. Tipificación de la agricultura municipal en la RTC
Fuente: Elaboración propia con información de Ortiz (2010).

El Impacto Económico de la Agricultura de Temporal (IEAT), se aprecia como una proporción de la importancia de la agricultura en la economía municipal. Al respecto Carácuaro, Turicato y Tacámbaro, tienen la mayor participación agrícola en su economía. En tanto que la superficie de temporal Turicato y Tacámbaro muestran la mayor proporción en el (IIEST) (Tabla 40).

Tabla 40. Índices de impacto económico de la agricultura en la economía regional

	VPT/VPA (1)	STe/STo (2)	Agric/Econ. Mpio. (3)	IIEAT (4)	IIEST (5)	IIEC (6)	Tipología
Carácuaro	0.94	0.98	0.33	0.31	0.31	0.63	Manutención
Huetamo	0.30	0.89	0.22	0.07	0.20	0.26	Manutención
San Lucas	0.57	0.79	0.24	0.14	0.19	0.33	Manutención
Madero	0.53	0.55	0.29	0.15	0.16	0.31	Manutención
Nocupétaro	0.94	0.98	0.17	0.16	0.16	0.32	Manutención
Tacámbaro	0.42	0.46	0.51	0.21	0.23	0.45	Mixta
Turicato	0.66	0.77	0.31	0.26	0.30	0.56	Manutención

1) = Valor de la producción agrícola de temporal sobre el valor total de la producción agrícola

2) = Superficie de temporal sobre la superficie total destinada a la agricultura

3) = Valor de la agricultura sobre el valor de la economía municipal

4) = IIEAT. Índice de Impacto Económico de la Agricultura de Temporal (proporción en el PIB municipal) (1*3)

5) = IIEST Índice de Impacto Económico en la Superficie Total (2*3)

6) = IIEC Índice de Impacto Económico Combinado (4+5).

Fuente: Elaboración propia

En el mismo sentido, los cultivos predominantes en la agricultura de manutención son con propósito de autoconsumo y forraje animal; es la que tiene menos apoyos, y por lo tanto es vulnerable a las amenazas del cambio climático por tratarse de prácticas de tipo tradicional y dependiente de las condiciones del clima.

5.11.2 Vulnerabilidad agrícola

La vulnerabilidad agrícola de la RTC se categorizó de tal manera que los municipios que obtuvieron valores de 0-0.10 se ubicaron en la categoría baja, los valores de 0.11-0.20 en la categoría media y de 0.21-en adelante en la categoría alta. Los resultados de la vulnerabilidad agrícola se proyectan en la figura 65, donde se aprecian en color rojo los municipios que obtuvieron el valor más alto del

índice de vulnerabilidad agrícola (vulnerabilidad alta), en color amarillo los que obtuvieron valores de vulnerabilidad media y en color verde los que obtuvieron valores de vulnerabilidad baja.

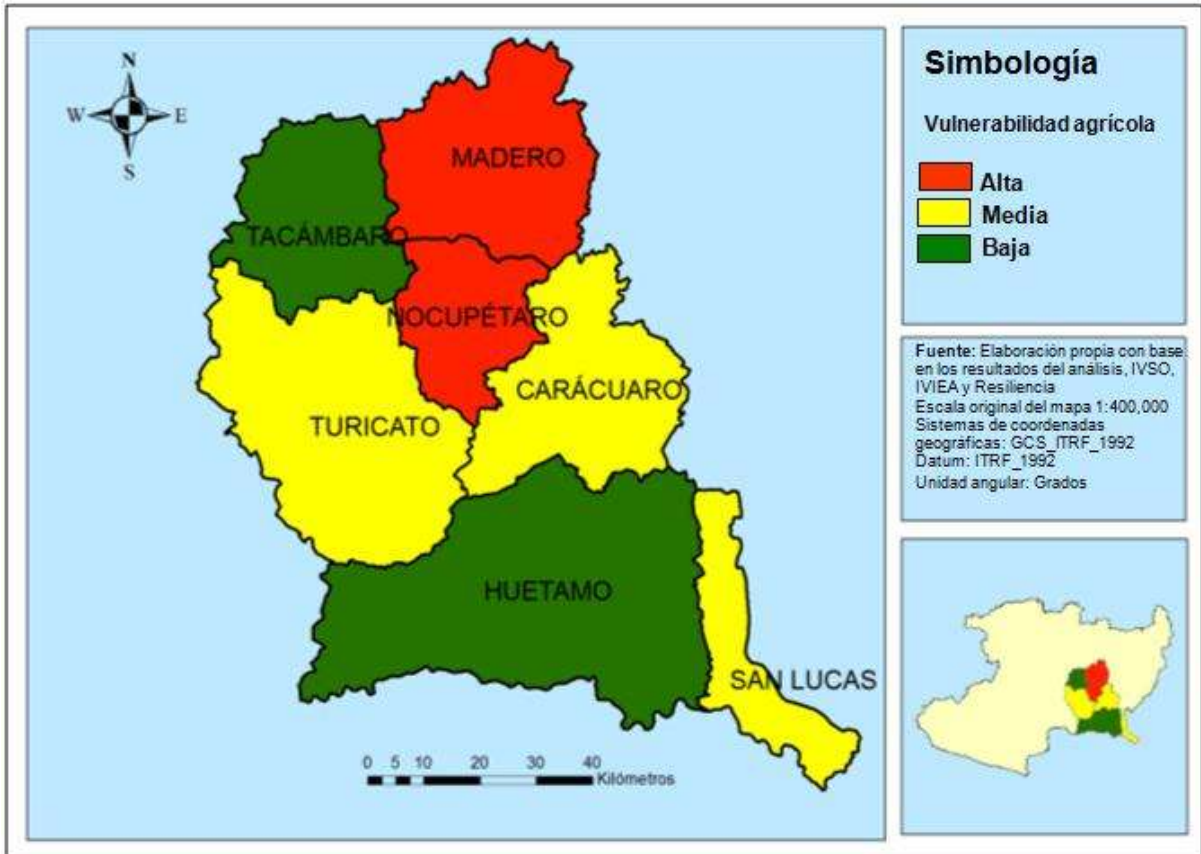


Figura 65. Categorización del índice de vulnerabilidad agrícola de la RTC
Fuente: Elaboración propia.

5.11.3 Resiliencia de los productores de la RTC

La tabla 41 muestra los resultados del análisis de resiliencia agrícola de los productores de la Región Tierra Caliente del estado de Michoacán. Primero se realizaron pruebas estadísticas de análisis de componentes principales (ACP) para conocer la distribución factorial y el peso de cada variable en torno a los indicadores seleccionados (Anexos II y III), a partir de la información oficial disponible en el Censo Ejidal del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), 2007.

Tabla 41. Resiliencia de los productores de la RTC

Municipio	Tecnicidad	Riego	Tracción	Instalaciones	Calidad de la superf.	Acceso a financiamiento	Resiliencia
Carácuaro	0.075	0.292	0.086	0.000	0.318	0.142	0.141
Huetamo	0.268	0.170	0.180	0.260	-0.174	0.144	0.211
Madero	0.076	0.081	0.115	0.000	-0.151	0.143	0.090
Nocupétaro	0.078	0.076	0.094	0.000	-0.128	0.142	0.087
San Lucas	0.143	0.175	0.103	0.000	-0.151	0.142	0.141
Tacámbaro	0.204	0.128	0.215	0.660	-0.089	0.143	0.188
Turicato	0.156	0.077	0.206	0.080	0.532	0.144	0.141

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados muestran que los municipios de Tacámbaro y Huetamo presentan los valores más bajos de los siete municipios de la RTC, mientras que Nocupétaro y Madero presentan los valores más altos.

La variable que en promedio incide más en la resiliencia agrícola es la tecnicidad, seguida de la disponibilidad de agua y el acceso a financiamiento. La variable de la calidad del suelo tiene un efecto inverso por lo que se sustrae del resultado final.

Los resultados de resiliencia agrícola por municipio fueron consistentes con los resultados de la tipificación agrícola donde Madero y Nocupétaro, ya que presentaron una menor resiliencia, mientras que Carácuaro, San Lucas y Turicato presentan resiliencia media y Tacámbaro y Huetamo son los que presentan los valores más altos de resiliencia (figura 66).

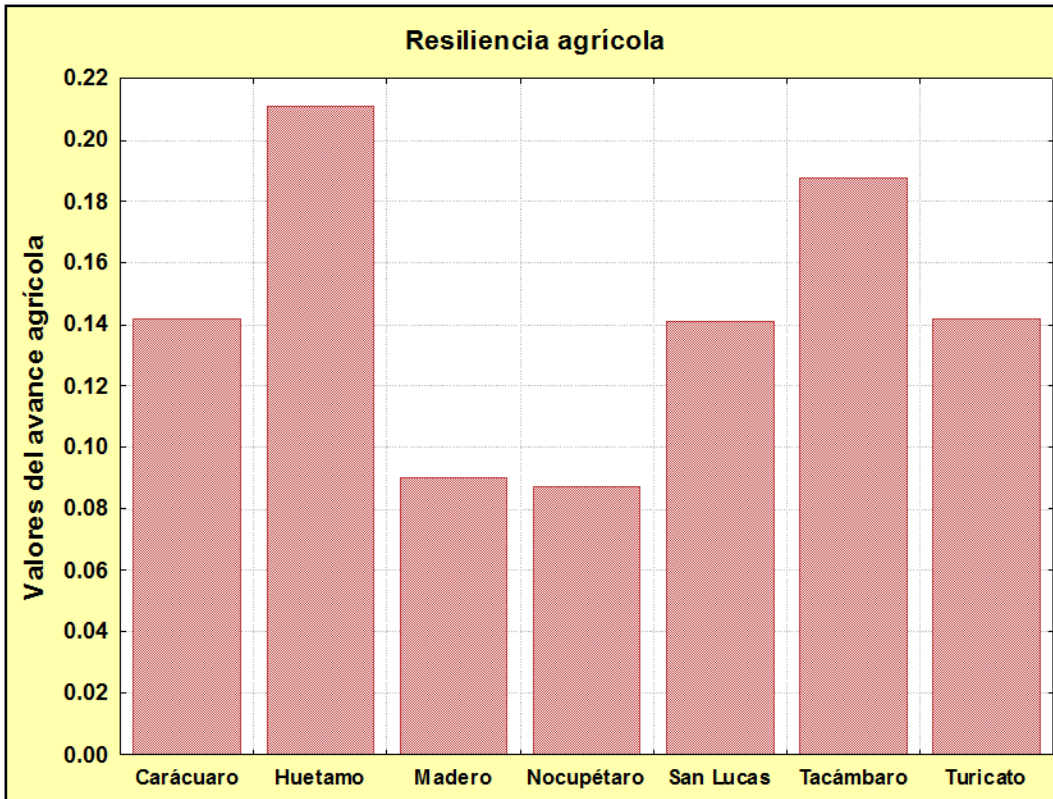


Figura 66. Resultados de análisis de resiliencia de los productores agrícolas por municipio
Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

Se detectó la señal del cambio climático en la RTC del Estado de Michoacán en las seis estaciones climatológicas analizadas con Mann-Kendall y R-ClimDex; para el parámetro de temperatura máxima y temperatura mínima, el valor de Z de estimador de de Mann-Kendall es mayor de 1.97 en la mayoría de los meses del año, lo cual pone de manifiesto que la temperatura máxima está aumentando y la temperatura mínima disminuyendo en la Región Tierra Caliente.

Con respecto al análisis de la tendencia de la precipitación a futuro realizado con RHTest, se encontró que las seis estaciones climatológicas muestran una tendencia negativa; a razón promedio de 1.05 milímetros por año (promedio de las seis estaciones analizadas), lo cual apunta hacia un cambio a futuro en los patrones de precipitación.

Las variaciones de la temperatura proyectadas con LARs para los escenarios A2 y A1B en los horizontes de tiempo 2015, 2050 y 2075 son a la alza continuada, a la vez que la precipitación pluvial tiende a reducir en promedio en 10%, es decir, todos los escenarios muestran variaciones significativas en temperatura y precipitación.

Los valores de cambio climático del “pixel” al cual corresponden las estaciones climatológicas de los municipios de Madero, Tacámbaro y Huetamo mostraron un aumento de la temperatura máxima de 0.3°C en la estación 16051 de Huetamo para el escenario A2 en el horizonte 2025, incrementándose hasta 2°C para el escenario A2 en el horizonte 2075, mientras que la estación 16109 de San Diego Curucupatzeo del municipio de Madero presentará incrementos 1.6°C para los escenarios A2 y A1B en los horizontes 2025 hasta 3.3°C para el escenario A2 en el horizonte 2075.

Los resultados de la probabilidad de que se incremente el peligro y que aumente el número de días secos consecutivos y el número de días cálidos fueron consistente para las seis estaciones analizadas, mostrando una tendencia al aumento de los dos índices analizados. El peligro que representa las implicaciones

esperadas en los cultivos agrícolas de temporal y en la población, se traduce en una amenaza para toda la Región.

El análisis de los costos de la producción agrícola de temporal del 2016-2025 de la RTC mostró las pérdidas económicas estimadas por siniestros a precios reales del año 2000 (INPC 2000 = 100) por una cantidad de \$530,147,480 pesos, mas una desviación estándar (18.02%) y menos una desviación estándar lo cual estaría afectando la agricultura como actividad económica y por ende, el bienestar social.

Para interpretar el modelo propuesto en la presente investigación sobre los costos futuros de la producción agrícola de temporal atribuidos a los efectos del cambio climático deben ser dilucidado desde la economía del cambio climático de N. Stern (2007), quien plantea los costos del cambio climático serán mayores en aquellos países y/o regiones cuya población, por su condición de pobreza, sean más vulnerables.

En el análisis realizado de la producción de maíz bajo los escenarios de cambio climático tomando la referencia de Labell (2008) de una disminución del 5% por cada grado que aumente la temperatura, para el Municipio de Madero el rendimiento la producción de maíz de temporal en toneladas por año bajo el escenario A2 disminuirá en un 4.4% en el horizonte 2025; 7.9% en el horizonte 2050 y 12.9% para el 2075; para el escenario A1B 4.8% en el horizonte 2025; 8.4% en el horizonte 2050 y 12.4% para el 2075

De acuerdo con las proyecciones de LARs, Huetamo será el municipio que presente un menor rango en el incremento de temperatura máxima, y por lo tanto la reducción de la producción proyectada será la siguiente: bajo el escenario A2 disminuirá en un 2.8% en el horizonte 2025; 6.3% en el horizonte 2050 y 11.3% para el 2075; para el escenario A1B 3% en el horizonte 2025; 6.8% en el horizonte 2050 y 10.5% para el 2075.

Los escenarios de cambio climático son elementos útiles para que los tomadores de decisiones definan las acciones de prevención más adecuadas; la metodología empleada sugiere que la variabilidad climática debe ser contemplada

para tomar medidas de mitigación o adaptación de impactos en la agricultura, principalmente la el maíz de temporal, debido a por su importancia económica y social.

El aumento de la temperatura y la disminución de la precipitación en la RTC afectará la producción agrícola y pecuaria de la Región a causa de la escasez de agua, lo cual traerá consigo el aumento en los precios de los granos y la carne de subsistencia, y conducirá hacia la reducción en los ingresos para cubrir las necesidades básicas de los pobladores de la RTC.

El análisis realizado mostró que el rendimiento de maíz de temporal no ha aumentado, ni disminuido, y que la superficie sembrada al igual que el valor de la producción no muestran ningún incremento significativo, no obstante las pérdidas por siniestros de 2003-2015 en términos reales (2000=100), fue de \$372,995,170 pesos, donde el municipio de Huetamo es el que históricamente ha reportado el mayor superficie siniestrada con un 32.6% de toda la Región.

El modelo de costos permitió presentar un escenario ideal, sin siniestros, mismo que muestra un incremento del 2% del valor de la producción anual, no obstante, si se considera que los efectos del cambio climático se traducirán en la intensificación de la sequías en la RTC, ese valor de crecimiento quedará como punto de partida para otros análisis a profundidad.

La sequía, es un fenómeno hidrometeorológico que se ha intensificado en la RTC en los últimos años; de acuerdo con los análisis realizados del SPI sugieren que el riesgo de ocurrencia de una sequía, reflejada en las precipitaciones históricas, presentan una probabilidad de aparecer en promedio durante 4 años cada 100, con un periodo de retorno del orden de 52 años. Esto permite clasificar las sequías y estimar la probabilidad de no excedencia.

El periodo de retorno para las estaciones de Huetamo: 16049, 16051, 16059, 16075 y 2.77 en la estación 16075 a 3.23 en la estación 16049. Las estaciones del municipio de Madero mostraron valores de 2.39 a 3.61, Tacámbaro de 2.88 y Turicato de 3.5.

La biblioteca digital de datos del IRI resultó de gran importancia para obtener los datos de los índices climáticos de Carácuaro y Nocupétaro; IRI permitió visualizar, el comportamiento de las sequías en la RTC de los últimos 38 años; en los municipios de Carácuaro y Nocupétaro; los datos arrojaron una probabilidad de no excedencia de 0.29 y un periodo de retorno de 3.45 para el pixel correspondiente a los municipios antes mencionados.

La metodología empleada para medir y cuantificar la vulnerabilidad permitió, en combinación con los escenarios de cambios climático, visualizar la vulnerabilidad por agrícola y socioeconómica. El Índice de Vulnerabilidad Total; combina la importancia económica de la agricultura y los aspectos sociales, y en ese sentido, el municipio de Huetamo se muestra como el más vulnerable a los efectos del cambio climático debido a la importancia económica que le representa la producción agrícola de temporal, no obstante cuando se incorporan las tendencias del clima, (precipitación y temperatura), Madero es el municipio más vulnerables de la Región.

Los efectos del cambio climático partiendo de los escenarios propuestos por el IPCC impactarán negativamente en la RTC, según muestran los resultados de los escenarios A2 y A1B y las tendencias en la precipitación. Lo anterior combinado con una economía especializada de la región de estudio, plantea retos importantes, que al momento no se han sido contemplados como riesgos latentes por parte de los productores o de las autoridades.

Uno de los principales aportes de la presente investigación consiste en la propuesta de una metodología que combina variables económicas, sociales, agrícolas y climatológicas que permiten analizar y discernir la problemática de la RTC desde una perspectiva integral.

Medidas de adaptación

El cambio climático representa un problema global, con repercusiones importantes en los sectores económicos a escala regional; de acuerdo con esto, es necesario valorar y estimar las consecuencias a escalas regional y local, desde los escenarios de cambio climático y demás estudios que aporten en el desarrollo de políticas públicas y que fomenten acciones de mitigación y adaptación al cambio climático.

En ese sentido, y tal como lo establece el Artículo 2º de la Ley de Cambio Climático del Estado de Michoacán de Ocampo, es competencia y atribución del Estado y de los municipios lo siguiente:

- La elaboración y aplicación de políticas públicas para la adaptación al cambio climático y la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero, así como fomentar las acciones para la mitigación y adaptación al cambio climático en el Estado;
- Vincular la planeación del Ordenamiento Ecológico Territorial con las acciones de mitigación y adaptación al cambio climático;
- Desarrollar políticas pública de desarrollo urbano que fomenten acciones de mitigación y adaptación al cambio climático;
- Reducir la vulnerabilidad de la población y de los ecosistemas del Estado frente a los efectos adversos del cambio climático;
- Prevenir y controlar las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero de origen antrópico que no sean de competencia federal;
- Fomentar la educación, investigación, desarrollo y transferencia de tecnología e innovación y difusión en materia de adaptación y mitigación al cambio climático en el Estado;
- Establecer las bases para la participación y concertación social; y,
- Promover la transición hacia un desarrollo sustentable y de bajas emisiones de carbono

En la actualidad, el estado de Michoacán, no cuenta con un Programa Estatal de Cambio Climático publicado, a pesar de que en el año 2010 se realizaron importantes esfuerzos para avanzar en materia de cambio climático, fue hasta el 20 de abril de 2017 que el Gobernador Constitucional del Estado de Michoacán instaló la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático²⁷, con el objeto de formular y coordinar las políticas transversales de la administración pública estatal en materia de cambio climático.

Con dicha Comisión se establece una plataforma de gestión integral para el desarrollo y la implementación del Programa Estatal de Cambio Climático, en el presente año, lo cual implicará articular mecanismos de coordinación que promuevan el diseño y la ejecución de proyectos estratégicos para proteger el medio ambiente, conservar y aprovechar de manera sustentable los ecosistemas, especies y recursos naturales, así como para la mitigación y adaptación al cambio climático, y la educación y cultura ambiental entre los pobladores del Estado.

²⁷ En el artículo 7° de la Ley de Cambio Climático, se establecen las facultades y atribuciones que tiene la Comisión, entre las que destacan: Aprobar, coordinar, y evaluar el Programa Estatal de cambio Climático; formular, dar seguimiento, regular, dirigir, instrumentar, monitorear, evaluar y publicar las acciones de mitigación y adaptación al cambio climático; validar los programas Municipales de Cambio Climático; Promover la coordinación de acciones de las dependencias y entidades de la administración pública estatal en materia de cambio climático, entre otras.

Recomendaciones generales

De acuerdo con los resultados de la presente investigación, las sequías se intensificarán en el futuro, por lo que se recomienda tomar acciones preventivas en la Región encaminadas hacia la captación y uso eficiente del agua así como el uso de tecnología agrícola que les permita a los agricultores hacer más eficiente sus sistemas de producción así como hacer de la agricultura una práctica sustentable que les permita producir más sin desertificar el campo.

Se recomienda la elaboración y aplicación de programas agrícolas sociales que involucren a todos los sectores y que permee hacia todos los pobladores sin importa el partido político al que pertenezcan y que las capacitaciones y apoyos lleguen a los productores y de esta manera evitar el abandono del campo y sus consecuencias.

A nivel estatal, una recomendación es la pronta realización, publicación y ejecución del Programa Estatal de Cambio Climático. Para la Región Tierra Caliente del Estado de Michoacán, es recomendable que los siete municipios que la conforman: Carácuaro, Huetamo, Madero, Nocupétaro, San Lucas, Tacámbaro y Turicato desarrollen y ejecuten los Programas Municipales de Acción Climática y sus Atlas de Riesgo.

Se recomienda que los Programas de Desarrollo Urbano a escala municipal, incorporen los criterios de los Atlas de Riesgos para que durante su actualización, se de atención a evitar el crecimiento poblacional hacia zonas de alta vulnerabilidad y hacia zonas de recarga de los mantos acuíferos,

Trabajar en acciones basadas en la funcionalidad de las cuencas hidrográficas y unidades de paisaje, que identifiquen las zonas principales de captación de agua de las cuencas para priorizar acciones de conservación y restauración.

Incorporar criterios de ordenamiento ecológico y territorial como instrumentos de protección preventiva a escala municipal, así como incorporar planes de emergencia al incremento a condiciones de sequía, y el desarrollo de las actividades económicas con un enfoque de utilización de agua de manera

sustentable con un diagnóstico actualizado de sus acuíferos locales para su adecuado manejo.

Se recomienda incluir criterios que mejoren las obras de drenaje y reciclaje de agua en las comunidades para prevenir una situación de escasez de agua a futuro.

Que el manejo de las tierras agrícolas se lleve a cabo con la utilización de conocimientos locales sobre cultivos específicos y razas de ganado, bajo la aplicación de un manejo integrado de recursos hídricos, y conservación del mosaico de paisajes agrícolas para asegurar el abastecimiento de alimentos en condiciones climáticas locales cambiantes y erráticas.

El fomento de la conservación de los bosques templados y las selvas bajas del Estado, mismas que en los últimos años se han ido deteriorando, debido, principalmente a las malas prácticas agrícolas en los municipios con las selvas bajas y al avance de la frontera agrícola de la producción de aguacate; para la RTC los municipios aguacateros: Tacámbaro, Madero, y Turicato, actividad que erosiona y contamina las zonas de captación de agua, de las fuentes de abastecimiento de los pobladores de las localidades aledañas.

Líneas futuras de investigación

La presente investigación generó información valiosa que puede servir de referencia para desarrollar diversas líneas futuras de investigación:

- La economía del cambio climático aplicado para todos los sectores .
- Estudios comunitarios que involucren a la población en el entendimiento de los riesgos asociados al fenómeno del CC.
- Una metodología para el desarrollo de una base de datos históricos del clima que lleve a construir una cartografía sobre la sequía, incluyendo diversos índices, duración, contexto de forzantes en que se genera, capacidades de pronóstico.
- Estudiar el ciclo de vida de los vectores de enfermedades y plagas que amenazan a los cultivos y a la población.
- La fenología de los cultivos y su respuesta a clima para conocer las implicaciones reales en los que se pueden traducir los efectos del CC.
- Estudiar las semillas son más resistentes a la sequía para reducir las pérdidas económicas por los siniestros agrícolas.
- Trabajar en el desarrollo de capacidades adaptativas y al mismo tiempo conocer las ya existentes en la Región.
- El desarrollo de ecotécnicas y prácticas agrícolas sustentables y de labranza de conservación de suelos.
- El rescate de las tradiciones y de los cultivos tradicionales.
- Conocer los efectos de la Oscilación térmica del Sur (El Niño, la Niña) en el clima regional.
- Estudiar el impacto de los programas sociales en la población de la RTC
- Estudiar el impacto social y económico de los programas agropecuarios para conocer si las políticas del campo, están logrando sus objetivos.
- Promover reformas en el sector agrícolas que aumenten la capacidad adaptativa o de respuesta al riesgo climático, y, que el presente estudio sirva como instrumento, útil en la toma de decisiones para el sector agrícola.

- Promover estudios de complejidad en la región donde se integre la parte climática, política, institucional, social, histórica, económica, cultura, ecológica, etc.
- Orientar las nuevas investigaciones hacia la adaptación, de tal manera que sea posible entender y comprender cómo los procesos socioeconómicos regionales y su impacto en el sector agrícola, influyen en el incremento de la vulnerabilidad.

Bibliografía

Libros y capítulos de libros

- Adams, W. M., y Jeanrenaud, S. J. (2008). *Transición a la Sostenibilidad: hacia un Mundo Humanitario y Diverso*. En UICN. (2008). *Transición a la Sostenibilidad: hacia un Mundo Humanitario y Diverso. Towards a Humane and Diverse World*. Gland, Suiza, UICN.
- Ángeles M. & Gámez, A. E. (2010). *Eventos extremos, cambio climático y vulnerabilidad en México y Baja California Sur*. En: Delgado, G. C., Gay, G. C., Imaz, M. & María Amparo Martínez, M. A. (Coord.). México frente al cambio climático. Retos y oportunidades. UNAM-Centro de Ciencias de la Atmósfera-Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades-Programa de Investigación en Cambio Climático-Programa Universitario de Medio Ambiente. México. 35-50 pp.
- Bassols, B. A. (1980). *Geografía económica de México* (Cuarta ed.). México, D.F.: Trillas.
- Beck, U. (1998). *La sociedad del riesgo: hacia una nueva modernidad*. Editorial Paidós Barcelona, Buenos Aires, México. 305 pp.
- Blaikie, P., Cannon, T., David, I., y Wisner, B. (1996). *Vulnerabilidad. El entorno social, político y económico de los desastres*. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastre en América Latina.
- Bonales, J., y Sánchez, M. (2003). *Competitividad internacional de las empresas exportadoras de aguacate*. Instituto Politécnico Nacional e Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales, México.
- Bravo, E. (2006). *Retos del Sistema Nacional de Protección Civil ante el cambio ambiental global*. En Urbina, J., y Martínez, J. (2006). "Más allá del cambio climático. Las dimensiones psicosociales del ambiente global". (págs. 273-281). México: SEMARNAT-INE-UNAM.
- Buch, M., y Turcios, M. (2003). *Vulnerabilidad socioambiental: aplicaciones para Guatemala*. Universidad Rafael Laldívar-Instituto de agricultura, recursos naturales y ambiente. Guatemala: IARNA-URL.
- Bunge, M. (2004). *La investigación científica*. México: Tercera Edición. Editorial Siglo XX.
- Burton, I., Smith, J. B., y Lenhart, S. (1998). Chapter 5. Adaptation to Climate Change: Theory and Assessment. En J. F. Feestra, I. Burton, J. B. Smith, y R. S. Tol, *Handbook on Methods for Climate Change Impact Assessment and Adaptation Strategies* (págs. 1-24). UNEP/IVM.
- Burton, I., Kates, R., y White, G. (1993). *The environment as hazard*. New York: Guilford.
- Cardona, A. O. D. (1993). *Evaluación de la Amenaza, la Vulnerabilidad y el Riesgo*. En A. Maskrey, y T. M. Editores (Ed.). Colombia: Red de Estudios Sociales.

- Cardona, A. O. D. (2001). *Estimación holística del riesgo sísmico utilizando sistemas dinámicos complejos*. Artículo y ponencia para International Work-Conference on Vulnerability in Disaster Theory and Practice 29 y 30 de junio . Wageningen, Holanda: Disaster Studies of Wageningen University and Research Centre.
- Carmona, F. (1973). *El milagro mexicano*. Editorial Nuestro Tiempo. Disponible en: <http://ru.iiec.unam.mx/2316/1/ElMilagroMexicano.pdf>.
- CENAPRED. (2014). *Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México*. México, D.F.: Centro Nacional de Prevención de Desastres ISBN: 970-628-593-8.
- CONABIO. 2006. Capital natural y bienestar social. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- CONABIO, SUMA Y SEDAGRO. 2007. Estrategia para la Conservación y Uso Sustentable de la Diversidad Biológica de Michoacán. (2007). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente (SUMA) y Secretaría de Desarrollo Agropecuario (SEDAGRO). Benítez D. H., Torres G. A., Sosa G. N. Cruz A. A., Grammont, L. P. C. coords. México. 80 págs.
- CONABIO. (2009). *Capital Natural de México, Síntesis: Conocimiento actual, evaluación y perspectivas de Sustentabilidad*. México: Comisión Nacional para el Conocimiento.
- CONAPO. (2014). *La situación demográfica de México 2014*. México: Consejo Nacional de Población.
- Conde, C., Ferrer, R., Gay, C., Magaña, V., Pérez, J., Morales, T. (2004). El Niño y la agricultura. En V. O. Magaña, Los impactos de El Niño en México (pp. 103-135). México: SG- UNAM-IAI-CONACYT.
- Conde C., Ferrer M. & Liverman D. (2000). *Estudio de la vulnerabilidad de la agricultura de maíz de temporal mediante el modelo CERES – Maize*. In: Gay García Carlos (Compilador). *México: una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México*. Instituto Nacional de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. US Country Studies Program. México: 93-110.
- Conde, C., Ferrer, R. M., Gay, C., y Araujo, R. (2004). *Impactos del cambio climático en la agricultura en México*. En: *Cambio climático una visión desde México. SEMARNAT-INE*, 225-236.
- Conde, C. & Gay, C. (2008). *Guía para la generación de escenarios de cambio climático a escala regional*. Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM. D. F. México. 105 pp.
- Delgadillo M. J., Aguilar O. T. y Rodríguez V. D. (1999). *Los aspectos económicos y sociales de El Niño 1999*. En: Magaña V. O. (Editor) Los impactos de El Niño en México. Secretaría de Gobernación. México, D.F. pp 181-210.
- Duarte, C. M., Alonso, S., Benito, G., Dachs, J., Montes, C., Pardo, M., Ríos, A.F., Simón, R., Valladares, F. (2006). *Cambio global Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra*. (C. M. Duarte, Ed.) Madrid: Cyan, Proyectos y Producciones Editoriales, S.A.

- Echarri, P. L. (1998). *Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente*. Ed. Navarra: Teide. España.
- Flores, M., Araujo, R. & Betancourt, E. (2000). *Vulnerabilidad de las zonas potencialmente aptas para maíz de temporal en México ante el cambio climático*. En: México: una visión hacia el Siglo XXI. El cambio climático en México. Resultados de los estudios de la vulnerabilidad del país. Gay, C. (ed.). INE-UNAM-US. México, D. F. 103-118 pp.
- Fisher, A., Hanemann, M., Wolfram, S., Roberts, M. J. y S. W. Schlenker. (2009). *ClimateChange and AgricultureReconsidered*.
- Galindo, L. M. (2010). *La economía del cambio climático en México*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), México.
- García, J. (2006). *Geografía regional*. En: Dir. Hiernaux Daniel y Lindon, Alicia. Tratado de Geografía Humana, Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Ixtapalapa. División de Ciencias y Humanidades. Rubí (Barcelona): Antropos editorial. México: 25-70.
- García, F. (2011). *Gases de efecto invernadero*. En F. García, y L. I. Lara, Inventario de Gases de Efecto Invernadero del Estado de Michoacán de Ocampo (1995-2005) (págs. 9-15). México: UNAM.
- García. (2012).
- Gay, G. C. (2000). México: Una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México. Resultados de los estudios de vulnerabilidad del país coordinados por el INE con el Apoyo del U.S. Country Studies Program. SEMARNAP, UNAM, USCSP. Disponible en: <http://ccaunam.atmosfcu.unam.mx/cambio>.
- Gligo, N. (2001). *Cambio cultural, desarrollo y sustentabilidad ambiental*. En La dimensión ambiental en el desarrollo de América Latina (Vol. LVIII, págs. 23-53). Libros de la CEPAL.
- Gómez, J. J. (2001). *Vulnerabilidad y Medio Ambiente*. En “Las diferentes expresiones de la vulnerabilidad social en América Latina y el Caribe”, (págs. 1-36). Santiago de Chile: CEPAL.
- Gutiérrez, E., y González, É. (2010). *De las teorías del desarrollo al desarrollo sustentable*. Nuevo León, México: Siglo XXI editores, S.A. de C.V.
- Hirsch R., Heisel D., Cohn T. y Gilroy E. (1993). *Statistical analysis of hidrology data*. En: Handbook of hidrology (D. Maidment, Ed.). McGraw-Hill Inc. EUA.
- Kaztman, R. (2000). *Notas sobre la medición de la vulnerabilidad social*. En CEPAL, *La medición de la pobreza, métodos y aplicaciones* p.p. 275-301. Montevideo: CEPAL.
- Landa, R., Magaña V. O. Y Neri. C. (2008). Agua y clima: elementos para la adaptación al cambio climático. México, D.F.: SEMARNAT y UNAM.
- Lavell, A. (1996). Degradación ambiental, riesgo y desastre urbano; Problemas y conceptos; hacia la definición de una agenda de investigación. En M. A. Fernández, *Ciudades en riesgo: degradación ambiental, riesgos urbanos y desastres* (págs. 12-42). Lima: Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina.

- López, V. M. (2008). *Sustentabilidad y desarrollo sustentable: origen, precisiones conceptuales y metodología operativa*. México: Trillas.
- Magaña, R. V. O., Pérez, J. L., Vázquez, J. L., Carrisoza, E., & Pérez, J. (2004). 2 *El niño y el clima*. En V. O. Magaña, *Los impactos del niño en México*. México: Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Autónoma de México, Secretaría de Gobernación. 23-68 pp.
- Magaña, R. V. O. (2004). *El cambio climático global: comprender el problema*. En J. Martínez, y A. Fernández, *Cambio climático: una visión desde México* (págs. 17-27). México: INE-SEMARNAT.
- Magaña, R. V. O. (2004). *Los impactos del Niño en México*. Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Autónoma de México. secretaria de Gobernación. México, 229 p.
- Magaña, R. V. O. (2006). *El cambio climático global, ¿qué significa?*. En Urbina, J., & Martínez, J. (2006). *Más allá del cambio climático. Las dimensiones psicosociales del ambiente global.* México: SEMARNAT-INE-UNAM. 79-88 pp.
- Magaña, R. V. O. (2008). *Adaptación a la variabilidad y cambio climático*. En P. Aldunce, C. Neri, y C. Szlafsztein, *Hacia la evaluación de prácticas de adaptación ante la variabilidad y el cambio climático* (págs. 43-50). México, D.F.: NUMA/UFGA.
- Magaña, R. V. O. (2012). *Guía Metodológica para la Evaluación de la Vulnerabilidad ante Cambio Climático*. México: PNUD-INECC-SEMARNAT.
- Martínez P. y Aguilar A. (2008). *Efectos del Cambio Climático en los Recursos Hídricos de México*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Jiutepec, Morelos, pp 11-21.
- Martínez, J. y Fernández A. (2004). *VII. Obstáculos, carencias y necesidades relativas al cambio climático*. En J. Martínez, y A. Fernández, *Cambio Climático: una visión desde México*. México: INE-SEMARNAT. *del Desarrollo*. En A. Ochoa Arias (Ed.), *Desarrollo Endógeno* (págs. 75-104). Venezuela.
- Masera, O. R. (2002). *Bosques y cambio climático en América Latina. Análisis y perspectivas*. En E. Leff, E. Ezcurra, I. Pisanty, y P. Romero, *La transición hacia el desarrollo sustentable. Perspectivas de América Latina y el Caribe* (págs. 211-235). México: Jiménez editores e impresores S. A.
- Mayorga C. J. R., Aragón D. F., Sánchez P. L. E., Chargoy R. M. A. y Soto R. J. A. (2015). *Capítulo 7. Áreas urbanas*. En: En Gay, G. C. & Rueda, A. J. C. (coord.) *Reporte Mexicano de Cambio Climático. Grupo II, Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación*. Universidad Nacional Autónoma De México/ Programa de Investigación en Cambio Climático. pp. 149-164.
- Meira, P. A. M. (2009). *Comunicar el cambio climático: Escenario social y líneas de acción*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino - Organismo Autónomo de Parques Nacionales. España. 150 págs.
- Mercado V., H., y Palmerín C., M. (2012). *El estado de Michoacán y sus regiones turísticas*. México: Editado por la Fundación Universitaria Andaluza Inca Garcilaso para eumed.net.

- Monterroso, R. A. I., & Gómez, D. J. D. (2015). *Capítulo 5. Sistemas de producción de alimentos y seguridad alimentaria*. En Gay, G. C. & Rueda, A. J. C. (coord.) *Reporte Mexicano de Cambio Climático. Grupo II, Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación*. Universidad Nacional Autónoma De México/ Programa de Investigación en Cambio Climático. pp. 97-119.
- Moreno S. A. R. y Urbina S. J. (2008). *Impactos sociales del cambio climático en México*. INE-PNUD. 71 pp.
- Navarro C., J.C.L., G. Vargas U. y J.O. García G. 2002. *La marginación en el estado de Michoacán 1970-2000*. En: C.L. Navarro J., V.A. Acevedo y J.O. García G. (Coords.). 2002. Planeación y desarrollo en México y Michoacán. Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. Pp. 379-419.
- Ojeda, B. W., Sifuentes, I. E., Rojano, A. A., e Iñiguez, C. M. (2012). *Adaptación de la agricultura de riego ante el cambio climático*. En C. Patiño y P. Martínez. (Eds.) *Efectos del cambio climático en los recursos hídricos en México*. Vol. IV. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). Pp 65-113.
- Ordaz, J. L., Ramírez, D., Mora, J., Acosta, A., & Serna, B. (2009). *El Salvador: Efectos del cambio climático sobre la agricultura*. México: CEPAL.
- Ordaz, J. L., Ramírez, D., Mora, J., Acosta, A., & Serna, B. (2010). *Costa Rica: efectos del cambio climático sobre la agricultura*. México: CEPAL.
- Orellana, R., Espadas, C., Conde, A. C., Gay, G. C. (2009) *Atlas Escenarios de cambio climático en la Península de Yucatán*.
- Ortiz, P. C. (2010). *Competitividad Agrícola y Cambio Climático en Michoacán: Tendencias de los Mercados Internacionales y Huella de Carbono*. En M. M. López, y FCCA (Ed.), *Gestión e Innovación en las Ciencias Administrativas y Contables* (Vol. 1, pág. 28). Morelia: FCCA UMSNH.
- Ortiz, P. C. F. & Infante J. Z. T. (2014). *Competitividad del aguacate vs preservación ambiental en Michoacán: enfoque desde la economía ambiental*. En: Gutiérrez J. S. (coord.). *La competitividad y los factores determinantes en la globalización*. Red Internacional de Investigadores en Competitividad (págs. 121-141). México.
- Petit, J., & Prudent, G. (2008). *Cambio climático y biodiversidad en los territorios de ultramar de la Unión Europea*. IUCN.
- Riojas R. H., Hurtado D. M., Brito H. A., Texcalac S. J. L. (2010). *Efecto de la temperatura sobre las admisiones hospitalarias pediátricas en la Ciudad de México de 2000 a 2002*. En: Ospina N. J. E., Gay G. C., Conde C., y Martínez M. A. Eds. *La Ciudad de México ante el cambio climático*. Centro de Ciencias de la Atmósfera. Centro Virtual de Cambio Climático de la Ciudad de México-Universidad Nacional Autónoma de México.
- Quintana, G. D. (2011). *Antecedentes y marco conceptual del desarrollo sustentable*. En M. A. Villavicencio, *Desarrollo sustentable en el contexto actual* (págs. 8-48). eBook.

- Perló, C. M. & González, R. A. E. (2006). *Del agua amenazante al agua amenazada. Cambios en las representaciones sociales de los problemas del agua en el Valle de México*. En Urbina, J., & Martínez, J. *Más allá del cambio climático. Las dimensiones psicosociales del ambiente global*. (págs. 47-64). México: SEMARNAT-INE-UNAM.
- Pizarro, R. (2001). *La Vulnerabilidad Social y sus Desafíos: una Mirada desde América Latina* (Vol. 1). (CEPAL, Ed.) Santiago, Chile: Comisión Económica para América Latina (CEPAL).
- Salazar, A. y Masera, O. (2010). *México ante el Cambio Climático. Resolviendo Necesidades Locales con Impactos Globales*. Unión de Científicos Comprometidos con la Sociedad, A.C. México.
- Stern, S. N. (2007). *The economic of climate change: The Stern review*. Cambridge University Press. United Kingdom.
- Tapia T., G., Carmona R., J. m., y Guzmán S., E. (2001). *La pobreza en México y Michoacán: reflexiones sobre su medición. sus causas y los efectos de la política económica*. En J. C. Navarro Ch., V. A. Acevedo V., P. Mata V., y J. O. García G., *Distribución del ingreso y bienestar social en Michoacán* (págs. 83-116). México: Fondo Editorial Morevallado.
- Torres, H. Z., y Navarro, C. L. (2007). *Conceptos y principios fundamentales de epistemología y Metodología*. México: Fondo Editorial Morevallado.
- Trenberth, K. E., Houghton, y Meira F. L. G. (1995). *The Climate System: an overview*. En C. o. IPCC, *Climate Change 1995: The Science of Climate Change* (págs. 55-64). Cambridge: Cambridge University Press.
- Trenberth, K.E., P.D. Jones, P. Ambenje, R. Bojariu, D. Easterling, A. Klein Tank, D. Parker, F. Rahimzadeh, J.A. Renwick, M. Rusticucci, B. Soden and P. Zhai (2007). *Observations: Surface and Atmospheric Climate Change*. Chapter 3 In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Urquidí, V. L. (1998). *México en la globalización. Condiciones y requisitos de un desarrollo sustentable y equitativo*. Sección mexicana del Club de Roma. México: Fondo de Cultura Económica/Economía Latinoamericana.
- Vázquez, S. L. (2004). Los cambios climáticos del Cuaternario y las glaciaciones. En *Cambio Climático: una visión desde México*. Coordinadores Julia Martínez y Adrián Fernández. SEMARNAT-INE 229-254.
- Vélez, P. I. (2001). Capítulo 10, *Decisiones bajo incertidumbre*, en: *Decisiones bajo riesgo e incertidumbre*. CEJA, México.
- Villers, L y Trejo I. (2004). *“Evaluación de la vulnerabilidad en los ecosistemas forestales”* En J. Martínez, y A. Fernández, *Cambio Climático: una visión desde México*. México: INE-SEMARNAT.

- WCED. (1987). *Our Common Future: From One Earth to One World*. Nueva York: Oxford University Press.
- Wilches-Chaux, G. (1993). La vulnerabilidad global. En Maskrey, *Los desastres no son naturales* (págs. 11-44). LA RED: Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina.
- Wilhite D. A. (1997). *Improving Drought Management in the West: The Role of Mitigation and Preparedness*. National Drought Mitigation Center. Lincoln, Nebraska, U.S.A.
- Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T., y Davis, I. (1994). *At Risk. Natural hazards, people's vulnerability and disasters*. Editorial Routledge. London y Nueva York. 124 pp.

Revistas

- Aguilar, E., Peterson, T. C., Ramírez Obando, P., Frutos, R., Retana, J. A. y Solera, M. (2005). Changes in precipitation and temperature extremes in Central America and northern South America, 1961-2003. *J. Geophys. Res.*, 110 (D23107).
- Aledo, A., Rico, S., y López, A. (2009). Problemas socio ambientales: Tecnología, Población y Medio Ambiente. En *Sociología ambiental* (págs. 1-21). Alicante, España: Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad de Alicante.
- Badii, M. H. y Castillo J. (2009). Distribuciones probabilísticas de uso común (Probabilistic distributions of common use). *Daena: International Journal of Good Conscience*. 4 (1): 149-178.
- Barr, R., Fankhauser, S., & Hamilton, K. (2010). Adaptation Investments: a resource allocation framework. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. (15): 843-858.
- Bellón, M., Hodson, D. & Hellin, J. (2011). Assessing the Vulnerability of Traditional Maize Seed Systems in Mexico to Climate Change. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*. 108(33): 13432–13437.
- Beniston, M. S. (2004). Extreme climatic events and their evolution under changing climatic conditions. *Global and Planetary Change*. (44) 1-9.
- Boisier, S. (2001). Desarrollo (local): ¿de qué estamos hablando? *Estudios sociales*, 1-26.
- Byun, H. R., y Wilhite, D. A. (1999). Objective quantification of drought severity and duration. *Journal of Climate*, 12 (9), 2747-2756.
- Calvente, A. M. (2007). El concepto moderno de sustentabilidad. Universidad abierta Interamericana, Centro de Altos Estudios Globales, *Socioecología y desarrollo sustentable*. UAIS-SDS-100-002. I (1), 18-23.
- Campos, A. D. (1991). Estudio de sequía en el Altiplano Potosino de la República Mexicana. *Acta Científica Potosina*. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. S.L.P. XIII(1), 85-98.

- Campos, A. D. (1996). Crecientes y sequías. Eventos hidrológicos extremos. *Ciencia y Desarrollo* 127, CONACYT. Marzo-abril. pp 34-41. México.
- Canales, A. I. (2016). El papel de las remesas en la reducción de la pobreza en México. Mitos y realidades. *Carta Económica Regional*, (98): 3-12.
- Carlón, T. y Mendoza M. (2007). Análisis hidrometeorológico de las estaciones de la cuenca del Lago de Cuitzeo. *Investigaciones Geográficas*. 63, 56-76.
- Carreño, M. L., Cardona, O. D., Marulanda, M. C., & Barbat, A. H. (2006). Evaluación del sísmico urbano: un enfoque holístico. *Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras*, 11 (1): 45-76.
- Castañeda, M. & González M. (2008). Statistical analysis of the precipitation trends in the Patagonia region in southern South America. *Atmósfera*. 21, 303-317.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2014). Global Carbon Budget 2014. *Earth System Science Data Discussions*. 7 (2): 31-48.
- Conde, C., D. Liverman, M. Flores, R. Ferrer, R. Araujo, E. Betancourt, G. Villarreal, & C. Gay.(1997). Vulnerability of rainfed maize crops in Mexico to climate change. *Climate Research*(9), 17-23.
- Conde, C., R. Ferrer and S. Orozco. (2006). Climate change and climate variability impacts on rainfed agricultural activities and possible adaptation measures. A Mexican case study. *Atmósfera* 9 (3): 181-194.
- Constantino, T., R. M., & Dávila I., H. R. (2011). Una aproximación a la vulnerabilidad y la resiliencia ante eventos hidrometeorológicos extremos en México. *Política y Cultura*, 1 (36), 14-44.
- Contreras, S. C. (2005). Las sequías en México durante el siglo XIX. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*, UNAM (56): 118-133.
- Cortés, F. (2002) Consideraciones sobre la marginación, la marginalidad, marginalidad económica y exclusión social. *Papeles de población CIEAP/UAEM*8 (31), 9-24.
- Cortés, C. P., Sosa R. J., Jiménez S. C. L., Íñiguez D. L. I., Breceda S. C. A., Ortega R. A. (2014) México país megadiverso y la relevancia de las áreas naturales protegidas. *Investigación y Ciencia*. (60) 16-22.
- Costello, A., M. Abbas, A. Allen, S. Ball, S. Bell, R. Bellamy, S. Friel, N. Groce, A. Johnson, M. Kett, M. Lee, C. Levy, M. Maslin, D. McCoy, B. McGuire, H. Montgomery, D. Napier, C. Pagel, J. Patel, J. Puppim de Oliveira, N. Redclift, H. Rees, D. Rogger, J. Scott, J. Stephenson, J. Twigg, J. Wolff y C. Patterson (2009). Managing the health effects of climate change. *The Lancet*. Lancet and University College London Institute for Global Health Commission.(373), 1693-1733.
- Crutzen, P. J., y Stoermer, E. F. (2000). The Anthropocene. *Global Change Newsletter* (41): 12-13.
- Desouza, K. C., y Flanery, T. H. (2013). Designing, planning, and managing resilient cities: A conceptual framework. *Cities* (35), 89-99.

- Eakin, H. (2005). Institutional Change, Climate Risk, and Rural Vulnerability: Cases from Central Mexico. *World Development*, XXXIII (11), 1923-1938.
- Escobar, M., D. A., Romero P., J., y Andrés A., J. (1996). Las regiones agrícolas de Michoacán. *Revista de Geografía Agrícola*, 7-54.
- Florescano M. E., Sancho y Cervera J. y Pérez G. A. D. (1980). Las sequías en México: historia, características y efectos. *Comercio Exterior* 7 (30) 747-757.
- Foschiatti, A. M. (2004). Vulnerabilidad global y pobreza. *Revista Geográfica Digital. IGUNNE*, I (2), 1-20.
- García, E. (1965), Distribución de la precipitación en la República Mexicana. *Publicaciones del Instituto de Geografía*, UNAM. V. (1): 171-191.
- García, E., Vidal, R., & Hernández, M. (1985). Aspectos climáticos de las zonas áridas del norte de la altiplanicie mexicana. *Investigaciones geográficas*. (15): 41-74.
- Gasca Z., J. (2010). Geografía regional. La región, la regionalización y el desarrollo regional. *Región y sociedad*, XXII. (49): 273-280.
- Gay, G. C., Estrada P., F., y Martínez L., B. (2010). Cambio climático y estadística oficial. *Realidad, datos y espacio, revista internacional de estadística y geografía*. 1 (1): 1-7.
- González, G. E. (2007). Educación y cambio climático: un desafío inexorable. *Trayectorias*, IX (25): 33-44.
- Granados, R., & Sarabia, A. A. (2013). Cambio climático y efectos en la fenología del maíz en el DDR-Toluca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 4 (3): 435-446.
- Guimarães, R. P. (1994). Desarrollo sustentable: ¿Propuesta alternativa o retórica neoliberal? *Eure*, XX (61): 31-47.
- Gutiérrez, M. E., y Espinosa, T. (2010). Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático Diagnóstico inicial, avances, vacíos y potenciales líneas de acción en Mesoamérica. *Milenio*. (22): 1-81.
- Heim, R. R. (2002). A Review of Twentieth-Century Drought Indices Used in the United States. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 83 (8), 1149-1165.
- Jiménez, L. M. (2002). La sostenibilidad como proceso de equilibrio dinámico y adaptación al cambio. *CE: Revista de economía* (800), 65-84.
- Jones, P. G., & Thornton, P. K. (2003). The potential impacts of climate change on maize production in Africa and Latin America in 2055. *Global environmental change*. 13 (1): 51-59.
- Jones, D. A. (2009). The Great Global Warming Swindle: a Critique. (B. o. National Climate Centre, Ed.) *Bulletin of the Australian Meteorological and Oceanographic Society*, (20): 11.
- Karl T. R. (1999). Climate extremes: Selected review and future research directions. *ClimaticChange*, 42, 309-325.

- Lampis, A. (2013). Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático: debates acerca del concepto de vulnerabilidad y su medición. *Revista Colombiana de Geografía*, 22 (2): 17-33.
- Leal, C. F. (1998) Ubio regio eius ratio: notas para un concepto oportunista de región: Regiones. *Revista Interdisciplinaria de Estudios Regionales*, Guanajuato, (10), 9-22.
- Lobell, D. B., Burke, M. B., Tebaldi, C., Mastrandrea, M. D., Falcon, W. P., & Naylor, R. L. (2008). Prioritizing climate change adaptation needs for food security in 2030. *Science*, 31 (5863): 607-610.
- Lloyd-Hughes, B., y Saunders, M. A. (2002). A drought climatology for Europe. *International journal of climatology*, 22, 1571–1592.
- McKee, T. B., Doesken, N. J., y Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology*, 18 (22), 179-183.
- Magaña, V. O., & Gay, C. (2002). Vulnerabilidad y adaptación regional ante el cambio climático y sus impactos ambientales, sociales y económicos. *Gaceta ecológica*. (65): 7-23.
- Meerow, S., Newel, J. P., y Stults, M. (2016). Defining urban resilience: A review. *Landscape and Urban Planning*, (147), 38-49.
- Monterroso R., A., Conde A., C., Gay G., C., Gómez D., J., & López G., J. (2011). Assessing current and potential rainfed maize suitability under climate change scenarios in México. *Atmósfera*. 24(1): 53-67.
- Negrete, J. C. (2011). Políticas de mecanización agrícola en México. *Revista Iberoamericana CTS*. 1-22.
- Neil, W., Arnell, N. W., y Tompkins, E. L. (2005). Successful adaptation to climate change across scales. *Global Environmental Change* (15), 77-86.
- Ortega G., D. & Velasco, I. (2013). Aspectos socioeconómicos y ambientales de las sequías en México. *Aqua-LAC*, V (2): 78-90.
- Ortiz P.M. A. & Méndez, L. A. P (1999). Escenarios de vulnerabilidad por ascenso del nivel del mar en la costa mexicana del Golfo de México y el Mar Caribe. *Investigaciones Geográficas*. (39): 68-81.
- Parry, M., Palutikof, J., Hanson C., & Lowe J. (2008), Squaring Up to Reality. *Nature reports climate change*, (2): 68–71.
- Pech M. A., Moo Ll. D. A., Puerto A. M. B., Casas M., Danis L. R., Ponce G., Ezequiel Tun-Ku E., Pinto C. J. F., Villegas A., Ibáñez P. C. R., González C., Ramsey J. M. (2016). Population genetics and ecological niche of invasive *Aedes albopictus* in Mexico. *Acta Tropica* (157) 30–41.
- Peterson, T. C., 2005: ClimateChangeIndices. *WMO Bulletin*. 54, 83-86
- Ponce C. Y. Y. & Cantú P. C. (2012). Cambio Climático: Bases Científicas y Escepticismo. *Culcyt Cambio Climático*, 1 (46): 5-12.

- Posadas V. R. (2016). Apuntes sobre las reflexiones teóricas de Ulrich Beck. *Estudios Políticos, novena época* (37) 33-56.
- Radicella R. (2007). Chernóbil: los hechos. *Comisión Nacional de Energía Atómica CNEA* (27), 23-29.
- Rowley, R. J., J. C. Kostelnick, D. Braaten, X. Li, and J. Meisel (2007). Risk of rising sea level to population and land area. *EOS*. 88 (9): 105-107.
- Ruiz, J. A., J. L. Ramírez, F. J. Flores y J. J. Sánchez. (2000). Cambio climático sobre las áreas potenciales para maíz en Jalisco, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, (23):183-194.
- Semenov, M. A., Brooks, R. J., Barrow, E. M., y Richardson, C. W. (1998). Comparison of the WGEN and LARS-WG stochastic weather generators for diverse climates. *Climate research*, 10(2), 95-107.
- Semenov M. A. y P. Stratonovitch (2010). Use of multi-model ensembles from global climate models for assessment of climate change impacts. *Climate Research*, 41(1), 1.
- Tello, C. (2010). Notas sobre el desarrollo estabilizador. *Economía Informa*. UNAM (364) 66-72.
- Tinoco, J. A., Gómez, J. D., & Monterroso, A. I. (2011). Efectos del cambio climático en la distribución potencial en el estado de Jalisco, México. *Terra Latinoamericana*, 29 (2), 161-168.
- Torres, P., Cruz, J. G., & Acosta, R. (2011). Vulnerabilidad agroambiental frente al cambio climático. *Agendas de adaptación y sistemas institucionales. Política y Cultura* (36), 205-232.
- Turner, B. L. (2010). Vulnerability and resilience: Coalescing or paralleling approaches for sustainability science? *Global Environmental Change* (20), 570-576.
- Villa, M. C. I., Tena, M. J., Tzintzun, R., & Val, D. (2008). Caracterización de los sistemas ganaderos en dos comunidades del municipio de Tuzantla de la región de Tierra Caliente, Michoacán. *Revista de investigación y difusión científica agropecuaria*, 12(2), 45-58.
- Villanueva, D. J., Cerano P. J., Estrada Á. J., Morán M. R. & Constante G. V. Precipitación y gasto reconstruido en la Cuenca baja del Río Nazas. *Rev. Mex. Cien. For.* 1(1), 25-37.
- Wagner, I., y Breil, P. (2013). The role of ecohydrology in creating more resilient cities. *Ecohydrology y Hydrobiology* (13), 113-134.
- Wilhite, D. A., y Glantz, M. H. (1985). Understanding the drought phenomenon: the role of definitions. *Water International*, (3), 111-120.
- Womack, J. J. (2012). La economía de México durante la Revolución, 1910-1920: historiografía y análisis. *Argumentos* 25 (69), 13-56.
- Won-Ho, N., Jin-Yong, C., y Eun-Mi, H. (2015). Irrigation vulnerability assessment on agricultural water supply risk for adaptive management of climate change in South Korea. *Agricultural Water Management*, 173-187.

Wu, H., Hayes, M. J., Wilhite, D. A., y Svoboda, M. D. (2005). The effect of the length of record on the standardized precipitation index calculation. *International journal of climatology* (25), 505-520.

Informes y tesis

Bates, B., Kundzewicz, Z. W., Shaohong, W., y Palutikof, J. (2008). *El Cambio Climático y el Agua*. Documento técnico del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Secretaría del IPCC. Ginebra, Suiza: OMM-PNUMA.

Beddington, J., Asaduzzaman, M., Fernández, A., Clark, M., Guillou, M., Jahn, M., y otros. (2011). *Lograr la seguridad alimentaria ante el cambio climático*. Resumen para responsables de la política de la Comisión sobre la Agricultura Sostenible y el Cambio Climático. Copenhague, Dinamarca: CCAFS.

Cavazos, T., J. A. Salinas, B. Martínez, G. Colorado, P. de Grau, R. Prieto González, A. C. Conde, A. 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. Con resultados disponibles en: <http://escenarios.inecc.gob.mx/index2.html>.

CEPAL. (2014). *Manual para la evaluación de desastres*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.

Cohat, E., y Stoffel, R. (1988). *Buffon: Georges-Louis, Comte de Buffon*. Paris: ImprimireNationale.

DICTUC. (2009). *Propuesta de modificación de la resolución (DGA) n°39 de 1984, criterios para calificar épocas de sequía que revistan el carácter de extraordinaria, Art. 314 del Código de Aguas*. Dirección de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Volumen1 . (D. G. Aguas, Ed.) Santiago, Chile.

Du Plessis, C. (2002). *Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries*. Pretoria: CSIR Building and Construction Technology.

Feenstra, J., Burton, I., Smith, J. B., y Tol, R. S. (1998). *Handbook on Methods of Climate Change Impacts Assessment and Adaptation Strategies*. Amsterdam, Netherlands: United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya/Institute for Environmental Studies.

Herrera, T. C., Landa, O. R., Aguilar, A. E. & Sandoval, M. R. (2010). Contribución para la formulación del Plan de Acción frente al Cambio Climático del Estado de Michoacán.

- Houghton, J., Meria, G., Griggs, D., y Maskell, K. (1997). *Introducción a los modelos climáticos simples utilizados en el Segundo Informe de Evaluación del IPCC*. Reino Unido: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.
- Houghton, J.T., Ding Y., Griggs, D.J. Noguera, M., Van Der Linden P.J., X. Dai, Maskell K., and Johnson C.A. (eds.). (2001). *Climate Change 2001: The scientific basis: Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Ibarrarán, M. E., y Rodríguez, M. (2007). *Estudio sobre Economía del Cambio Climático en México*. México: Instituto Nacional de Ecología-Universidad Iberoamericana de Puebla.
- INE-SEMARNAT. (2006). *Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. México, D. F.: Instituto Nacional de Ecología-Secretaría de Medio Ambiente y recursos Naturales, México.
- INE-SEMARNAT.(2009).*Cuarta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático*. México, D. F.: Instituto Nacional de Ecología-Secretaría de Medio Ambiente y recursos Naturales, México.
- INECC. (2012). *México Quinta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. México: SEMARNAT-INECC. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 1990. *Scientific assessment of climate change: Report prepared by Working Group 1*. New York: World Meteorological Organization and United Nations Environmental Program.
- INECC- SEMARNAT (2012). *Adaptación al cambio climático en México: Visión, elementos y criterios para la toma de decisiones*. México: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático-Secretaría de Medio Ambiente y recursos Naturales.
- IPCC (1990). *Scientific assessment of climate change*. Intergovernmental Panel on Climate Change. Report prepared by Working Group 1. New York: World Meteorological Organization and United Nations Environmental Program.
- IPCC. (1995). *Introducción a los modelos climáticos simples utilizados en el segundo informe de evaluación del IPCC*. Documento técnico II del IPCC.
- IPCC. (2000). *Special Report on Emissions Scenarios*. Nakicenovic, N. and Swart, R. (eds.). UK. Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, p. 570
- IPCC. (2001). *Climatic Change 2001*. Working Group I: The Scientific Basis. Ginebra: IPCC.
- IPCC. (2007a). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment*. Cambridge, United Kingdom and New York, USA: Cambridge University Press.
- IPCC. (2007b). *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. Ginebra: IPCC.

- IPCC. (2012). *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate*. Cambridge, UK and New York, USA: Cambridge University Press. Obtenido de https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/SREX_Full_Report.pdf.
- IPCC (2012). *Informe especial sobre la gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático*. Panel Intergubernamental de Cambio Climático. Resumen para responsables de políticas. Nueva York: PNUMA.
- IPCC (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Stocker, T. F., Qin, D., Plattner G. k., Tignor M., Allen S. K., Boschung J., Nauels A., Xia Y., Bex V., y Midgley P. M. (editores). Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC. (2014). *Climate Change 2014. Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Summary for Policy Makers. Working Group II Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. WG AR5 Phase I Report Launch. Yokohama, Japan.
- Lean, J. 2004. Solar Irradiance Reconstruction. IGBP PAGES/World Data Center for Paleoclimatology Data Contribution Series # 2004-035. NOAA/NGDC Paleoclimatology Program, Boulder CO, USA.
- Magaña, R. V. O. (2010). *Guía para generar y aplicar escenarios probabilísticos regionales de cambio climático en la toma de decisiones*. México: Instituto Nacional de Ecología.
- Magaña, R. V. O. (2015). *Una metodología para generar información de sequía meteorológica, agropecuaria e hidrológica*. Instituto de Geografía-UNAM.
- Magrin, G., Travasso, M., López, G., Rodríguez, G., & Lloveras, A. (2009). *Vulnerabilidad de la producción agrícola en la Región Pampeana Argentina*. 2da. Comunicación Nacional sobre Cambio Climático Componente B3, Argentina.
- Meehl, G. A., Stocker, T. F., Collins, W. D., Friedlingstein, P., Gaye, A. T. & Gregory, J. M. (2007). *Global climate projections*. En S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, y otros, *Climate change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group to the fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge: Cambridge University Press.
- Mercado, C., & Lorenzana, P. (2000). *Acceso y Disponibilidad alimentaria familiar. Validación de instrumentos para su medición*. Caracas: Serie Estudios Especiales, Área Economía Agroalimentaria, Ed. Fundación Polar.
- Monterrosa de Tobar, M. (1998). *Evaluación de los impactos del cambio climático en el sector agropecuario de la zona costera de El Salvador*, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Morales R. H. L. (2010). *Análisis de patrón de lluvias del Estado de Tabasco*. Tesis para optar por el título de Maestro en Ingeniería Hidráulica. UNAM. Facultad de Ingeniería. México D. F. 170 pp.

- O'Brien K. L., & Leichenko, R. M. (2010) *Responding to the global environmental change: social sciences of the world unite*. En UNESCO, 2010 *World social science report. Knowledge divides*, París, UNESCO, 2010.
- Ojeda, B. W., P. Martínez & Hernández, L. (2006). *Repercusiones del cambio climático en la agricultura de riego*. En: Efectos del cambio climático en los recursos hídricos de México. Capítulo 9. IMTA, México.
- Ojeda B., W. (2013). *Identificación de un portafolio de medidas de adaptación al cambio climático para el sector agrícola, mediante la evaluación del riesgo actual y el proyectado al 2030*. México: IMTA-SEMARNAT-INECC-PNUD.
- OMM (2012). *Organización Meteorológica Mundial, 2012: Guía del usuario sobre el Índice normalizado de precipitación* (OMM-N° 1090) (M. Svoboda, M. Hayes y D. Wood), Ginebra. Disponible en http://www.droughtmanagement.info/literature/WMO_standardized_precipitation_index_user_guide_es_2012.pdf.
- OMS. (2008). *Informe sobre la salud en el mundo 2008*. Obtenido de: Organización Mundial de la Salud. http://www.who.int/whr/2008/08_report_es.pdf?ua=1.
- ONU. (1992). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Organización de Naciones Unidas. ONU.
- ONU. (2013). *Reporte de la Situación No. 3*. Ingrid y Manuel. Organización de Naciones Unidas.
- Saavedra, E. (2009). *Evaluación de la Precipitación y periodo de Retorno de los Eventos Meteorológicos Extremos en la Región Grijalva-Usumacinta. Informe final*. UNAM.
- SAGARPA-SIAP. (2016). *Atlas Agroalimentario 2016*. Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación.
- Sancho y Cervera, J., Zavala, Z. F., Sánchez, V. M. y Martínez V. V. (1989). *Monitoreo de sequías y heladas, México, Comisión del Plan Nacional Hidráulico, Dirección de inventarios de agua y suelo*. Proyecto IA 800/, 1980.
- SEMARNAT. (2009a). *Ficha Técnica 1. ¿Qué es el cambio climático?* México.
- SEMARNAT. (2009b). *Impacto del cambio climático en las tierras y sus características*. México.
- SNMHP. (2015). *Comunicado oficial Comunicado oficial ENFEN N° 21 – 2015*. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. N° 21 año XVI.
- Vázquez, J. (2010). *Guía para el Cálculo y Uso de Índices de Cambio Climático en México*. INE-SEMARNAT.
- Villa, M. C. I. y Ortiz, A. T. C. (2005). *Caracterización de sistemas de manejo de ganado en el Ejido Lázaro Cárdenas de la región de Tierra Caliente, Michoacán, México*. Reporte final de estudio. Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada GIRA, A. C.; Pátzcuaro, Michoacán.
- Villegas, S., H. (2007). *Políticas agrícolas, cambios productivos y migración internacional en Tierra Caliente, Michoacán*. Tesis doctoral del programa con Especialidad en Estudios Regionales. Tijuana, Baja California, México: Colegio de la Frontera Norte.

Watson, R., Zinyowera, M., Moss, R., y Dokken, D. (1997). *The regional impacts of climate change: an assessment of vulnerability. Summary for policymakers*. IPCC.

Documentos recuperados de páginas de internet

Agroasemex (2015). *Seguro agrícolas*. Recuperado el 19 de enero 2014 de <http://www.agroasemex.gob.mx>.

Banco-Mundial. (2009). *Informe sobre el Desarrollo Mundial: Desarrollo y Cambio climático (Panorama general)*. Recuperado el 7 de Enero de 2013, de World Bank:<http://siteresources.worldbank.org/INTWDR2010/Resources/52876781226014527953/Overview-Spanish.pdf>.

Banco Mundial. (2013a). *Informe sobre el Desarrollo Mundial 2010, Desarrollo y Cambio climático (Panorama general, versión preliminar)*. Obtenido de Banco Mundial: <http://siteresources.worldbank.org/INTWDR2010/Resources/52876781226014527953/Overview-Spanish.pdf>.

Banco Mundial. (2013b). *Las dimensiones sociales del cambio climático en México*. México: Banco Mundial. Unidad Administrativa del Sector de Desarrollo Sustentable Región de América Latina y el Caribe.

Bautista F., Bautista D.A., Álvarez O. y De la Rosa D. (2011). Sistema de análisis de datos para el monitoreo regional y local del cambio climático con índices agroclimáticos (MOCLIC). Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental y Centro de Ciencias de la Atmósfera. Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado el 3 de mayo de 2016 de www.ciga.unam.mx/manual_moclic.pdf

Brooks, N. (2003). *Vulnerability, risk and adaptation: A conceptual framework*. Recuperado el 16 de Julio de 2016, de University of East Anglia: Norwich.: http://www.tyndall.ac.uk/publications/working_papers/wp38.pdf

Cardona, O. (2001). *La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo*. Una crítica y una revisión necesaria para la gestión. Recuperado el 18 de mayo de 2014 de <http://www.desenredando.org/public/articulos/index.html>.

COFEPRIS (2016). *Efectos del Cambio Climático y los riesgos derivados para la salud*. Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios. Recuperado el 26 de noviembre de 2016, de <https://www.gob.mx/cofepris/acciones-y-programas/efectos-del-cambio-climatico-y-los-riesgos-derivados-para-la-salud>.

CMNUCC. (1998). *Protocolo de Kioto de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Recuperado el 13 de junio de 2013, de <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>.

CONAGUA. (2015). *Reporte anual 2015*. Recuperado el 16 de noviembre de la Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional Gerencia de Meteorología y

- Climatología, Subgerencia de Pronóstico a Mediano y Largo Plazo 2016: <http://smn1.conagua.gob.mx/climatologia/analisis/reporte/Anual2015.pdf>.
- CONAGUA-SMN. (2016). *Reporte del fenómeno del Niño 2015*. Recuperado el 17 de marzo de 2016 de <http://smn.cna.gob.mx>.
- CONAPO (2015). *Índice de marginación por entidad federativa y municipio 2015*. Capítulo 1. Concepto y dimensiones de la marginación. Recuperado el 22 de septiembre de 2016, del Consejo Nacional de Población: <http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/Resource/1755/1/images/01Capitulo.pdf>.
- CPLADE. (2003). *Plan Estatal de Desarrollo Michoacán 2003-2008. Participación y compromiso*. Coordinación de Planeación y Desarrollo Estatal/ Coordinación General de Comunicación Social, Gobierno del Estado de Michoacán. Morelia, Michoacán.
- CPLADE (2005). *Estrategia Regional del Gobierno del Estado de Michoacán, Desarrollo Regional para la Región VIII Tierra Caliente*. Coordinación de Planeación y Desarrollo Estatal/ Coordinación General de Comunicación Social, Gobierno del Estado de Michoacán. Morelia, Michoacán.
- CPLADE. (2012a). *Carpeta Municipal de Carácuaró*. Recuperado el 22 de Mayo de 2014, de Coordinación de Planeación para el Desarrollo del Estado de Michoacán:http://cplade.michoacan.gob.mx/images/carpetas_mpales_2012/images/Caracuaro4.pdf.
- CPLADE. (2012b). *Carpeta Municipal de Huetamo*. Recuperado el 22 de Mayo de 2014, de Coordinación de Planeación para el Desarrollo del Estado de Michoacán:http://cplade.michoacan.gob.mx/images/carpetas_mpales_2012/images/Huetamo4.pdf.
- CPLADE. (2012c). *Carpeta Municipal de Madero*. Recuperado el 22 de Mayo de 2014, de Coordinación de Planeación para el Desarrollo del Estado de Michoacán:http://cplade.michoacan.gob.mx/images/carpetas_mpales_2012/images/Madero4.pdf.
- CPLADE. (2012d). *Carpeta Municipal de Nocupétaro*. Recuperado el 22 de Mayo de 2014, de Coordinación de Planeación para el Desarrollo del Estado de Michoacán:http://cplade.michoacan.gob.mx/images/carpetas_mpales_2012/images/Nocupetaro4.pdf.
- CPLADE. (2012e). *Carpeta Municipal de San Lucas*. Recuperado el 22 de Mayo de 2014, de Coordinación de Planeación para el Desarrollo del Estado de Michoacán:http://cplade.michoacan.gob.mx/images/carpetas_mpales_2012/images/SanLucas4.pdf.
- CPLADE. (2012f). *Carpeta Municipal de Tacámbaro*. Recuperado el 22 de Mayo de 2014, de Coordinación de Planeación para el Desarrollo del Estado de Michoacán:http://cplade.michoacan.gob.mx/images/carpetas_mpales_2012/images/Tacambaro4.pdf.
- CPLADE. (2012g). *Carpeta Municipal de Turicato*. Recuperado el 22 de Mayo de 2014, de Coordinación de Planeación para el Desarrollo del Estado de

Michoacán:http://cplade.michoacan.gob.mx/images/carpetas_mpales_2012/images/Turicato4.pdf.

NDMC (National Drought Mitigation Center) (2014). Sitio web oficial del National Drought Mitigation Center. Recuperado el 18 de enero de 2014 de <http://drought.unl.edu>

DOF (2009). Programa Especial de Cambio Climático. Recuperado el 18 de enero de 2013 de http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5107404&fecha=28/08/2009.

LGCC (2012). *Ley General de Cambio Climático*. Recuperado el 18 de mayo de 2014 de <http://diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCC.pdf>.

FAO (2009). *1.02 Billion People Hungry*. Recuperado el 18 de mayo de 2015 de Food and Agriculture Organization: www.fao.org/news/story/en/item/20568/icode

FAO. (2010). *Panorama de la Seguridad Alimentaria y Nutricional en América Latina y el Caribe*. FAO. Roma: Food and Agriculture Organization.

Fisher, A., Hanemann, M., Wolfram, S., Roberts, M. J. y S. W. Schlenker. (2009). *Climate Change and Agriculture Reconsidered*.

Fischer D, Thomas SM, Neteler M, Tjaden NB, Beierkuhnlein C. 2014. Climatic suitability of *Aedes albopictus* in Europe referring to climate change projections: comparison of mechanistic and correlative niche modelling approaches. *Euro Surveill*. 19 (6): pii = 20696. Obtenido en línea de: <http://www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=20696>.

Gómez, O. L. (1995). *El papel de la agricultura en el desarrollo de México*. Recuperado el 18 de mayo de 2016 de la Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe: http://pa.gob.mx/publica/cd_estudios/Paginas/autores/gomez%20olivier%20luis%20el%20papel%20de%20la%20agricultura.pdf.

Grayeb, B. E., Álvarez, C. C., Cortez, R. E., y Ruiz, G. C. (2009). *Programa de Estudios sobre Cambio Climático de la Universidad Veracruzana*. (U. Veracruzana, Ed.) Recuperado el marzo de 2013, de Programa Veracruzano ante el Cambio Climático: http://www.peccuv.mx/descargas/pdf/reportes_investigacion/Cap%3ADtulo%20z%201%20An%3A1lisis%20de%20la%20Vulnerabilidad%20Agr%3ADcola.pdf.

Hayes, M. J. (2006). *Drought Indices*. Recuperado el 1 de octubre de 2014, de ClimateImpactsSpecialist, NationalDroughtMitigation Center: <http://www.civil.utah.edu/~cv5450/swsi/indices.htm>.

INEGI. (1980). *Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos*. Recuperado el 25 de agosto de 2015, de Instituto Nacional de Estadística y Geografía:http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/pais/aeum/1980/AEEUM80II.pdf.

INEGI. (2007). *VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal*. Estados Unidos Mexicanos. Aguascalientes, Ags.

INEGI (2008)

- INEGI. (2013a). *Prontuario de Información Geográfica Municipal de los Estados Unidos Mexicanos*. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística y Geografía: <http://mapserver.inegi.org.mx/dsist/prontuario/index2.cfm>.
- INEGI. (2013b). *Anuario Estados Unidos Mexicanos*. Consultado el 8 de Noviembre del 2014 desde: http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/pais/aeum/2012/aeum2012.pdf INEGI.
- INEGI (2014). *Anuario estadístico y geográfico de Michoacán de Ocampo 2014*. Consultado el 16 de enero del 2016. Obtenido de: http://www.datatur.sectur.gob.mx/ITxEF_Docs/MICH_ANUARIO_PDF.pdf
- INEGI (2015a). *Panorama sociodemográfico de Michoacán de Ocampo 2015*. Encuesta intercensal 2015. Consultado el 14 de agosto de 2016. Obtenido de: Instituto Nacional de Estadística y Geografía: inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/inter_censal/panorama/702825082253.pdf.
- INEGI (2015b). Encuesta Intercensal 2015. Consultados el 18 de noviembre de 2016. Obtenido de: Instituto Nacional de Estadística y Geografía: <http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/enchogares/especiales/intercensal/?init=1>
- INEGI (2016). Metodología de Indicadores de la Serie Histórica Censal 2016. Consultados el 22 de octubre de 2016. Obtenido de: Instituto Nacional de Estadística y Geografía: http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpvsh/doc/metodologia_indicadores.pdf.
- IRI (2015). International Research Institute for Climate and Society. *Biblioteca de datos climáticos*. Obtenidos de <http://iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/.IRI/.Analyses/.SPI/?sem=iridl%3AClimate-Indices>. Earth Institute. Columbia University.
- Lavell, A. (2001). *Sobre la gestión del riesgo: apuntes hacia una definición*. Biblioteca Virtual en Salud de Desastres-OPS. Consultado el, 16 de junio de 2015. Obtenido de: <http://ns.bvs.hn/docum/crid/Mayo2004/pdf/spa/doc15036/doc15036-contenido.pdf>.
- Lavell, A. (2011). *Desempacando la adaptación al cambio climático y la gestión del riesgo: Buscando las relaciones y diferencias: Una crítica y construcción conceptual y epistemológica*. FLACSO/LA Red. http://www.desenredando.org/public/varios/2011/2011_UICN-ACSO_Lavell_Adaptacion_Cambio_Climatico.pdf.
- Medlock, J. M. y A Leach S. 2015. Effect of climate change on vector-borne disease risk in the UK. Publicado en línea el 23 de Marzo de 2015. [http://dx.doi.org/10.1016/S1473-3099\(15\)70091-51](http://dx.doi.org/10.1016/S1473-3099(15)70091-51). Obtenido de: www.thelancet.com/infection.
- Muñoz, S. A. G. y W. Torres. 2013. *Homogeneización de datos disponibles para el estudio especializado para la actualización y automatización del modelo hidrológico FONANG para la Cuenca Alta del Rio Guayllabamba y Microcuencas Oyacachi, Chalpi Grande, Papallacta y Antisana*. Informe técnico para el FONAG-USAID-CMC, Recuperado el 27 de julio de 2015 de: www.infoagua-guayllabamba.ec.
- Nahle, N. (2007). Irradiación Solar Total y Cambio Climático. *Biology Cabinet Organization*. Recuperado el 26 de noviembre de 2016 de: http://www.biocab.org/SI_Anom_T_Anom.html.

- OMM (2015). *El Niño/La Niña hoy. Situación actual y perspectivas*. Obtenido de: Organización Meteorológica Mundial. Recuperado el 16 de diciembre de 2015 de http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcasp/documents/WMO_ENSO_Nov15_Esp.pdf
- OMS (2014). *Enfermedades transmitidas por vectores*. Recuperado el 3 de septiembre de 2015 de: Organización Mundial de la Salud de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs387/es/>.
- Periódico Oficial del Gobierno del Estado (2004) *Decreto de Regionalización para la Planeación y Desarrollo del Estado de Michoacán de Ocampo*. Gobierno del Estado de Michoacán de Ocampo publicado el 15 de julio de 2004. Recuperado el 27 de Agosto de 2015, Obtenido de: <http://www.periodicooficial.michoacan.gob.mx/download/246/1008/1083/1425/150704-1.pdf>.
- PECC. (2012). *Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012*. Diario Oficial de la Federación. Consultado el 28 de enero de 2015 desde: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5107404&fecha=28/08/2009.
- PNUD. (2011). *Informe sobre Desarrollo Humano, México 2011*. Consultado el 18 de Febrero de 2015 desde: http://www.undp.org.mx/spip.php?page=area_interior&id_rubrique=120&id_article=1872&id_par_ent=119 PNUD.
- PNUD. (2013). *Índice de Desarrollo Humano*. Recuperado el 18 de Febrero de 2015, de Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo: <http://hdrstats.undp.org/es/paises/perfiles/MEX.html>.
- SAGARPA-SIAP. (2013). *Cierre de la producción agrícola por cultivo*. Recuperado el 18 de Septiembre de 2014, de Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>
- SAGARPA. (2015a). *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola 2003-2014*. Recuperado el 18 de septiembre de 2015 de Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera: http://infosiap.siap.gob.mx/agricola_siap_gb/icultivo/index.jsp.
- SAGARPA. (2015b). *Producción pecuaria por municipio 2006-2014*. Recuperado el 18 de septiembre de 2015 de Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera: http://infosiap.siap.gob.mx/anpecuario_siapx_gobmx/apecmpio.jsp?id=2.
- SEMARNAT-INECC. (2012). *Quinta Comunicación Nacional Ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
- Semenov, M. A. y E. M. Barrow (2002). *LARS-WG, A Stochastic Weather Generator for Use in Climate Impact Studies*. Recuperado el 8 de octubre de 2014 [En línea] disponible en <http://www.rothamsted.bbsrc.ac.uk/masmodels/download/LARS-WG-Manual.pdf>.
- Stern, N. (2006). *Stern Review on the Economics of Climate Change*. Disponible en www.sternreview.org.uk.
- UN-HABITAT. (2011). *Cities and Climate Change: Global Report on Human Settlements 2011*. Recuperado el 11 de 06 de 2013, de Un habitat for a better urban future: http://www.unhabitat.org/downloads/docs/GRHS2011_Full.pdf.

- Wang, X. L.; Feng, Y. (2007). *RhstestV4. User Manual*, [En línea] disponible en:<http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDI/software.shtml>. [Consultado el 18 de mayo del 2015].
- WCI. (2007). *Coal meeting the climate challenge. Technology to reduce greenhouse gas emissions*. Recuperado el 24 de Mayo de 2015, de World Coal Institute: <http://www.worldcoal.org/coal-the-environment/climate-change>.
- WWF (2010). *Impactos y vulnerabilidad al Cambio Climático en México*. Recuperado el 18 de mayo de 2016 de World Wide FundforNature (WWF), México: http://www.wwf.org.mx/que_hacemos/programas/cambio_climatico/impactos/.
- Zhang, X., & Feng, Y. (s.f.). *RClmDex Manual de usuario*. Recuperado el 28 de Marzo de 2013, de Climate Research Branch Environment Canada Downsview.

Anexos

Anexo I. Indicadores para la obtención de la vulnerabilidad agrícola

Tabla 42. Unidades de Producción invierno 2007

Cultivo	Unidades de producción	Superficie		Producción obtenida (Toneladas)
		Sembrada (Hectáreas)	Cosechada	
Avena forrajera				
Michoacán	4 368	12 547.29	11 047.77	151 656.65
Huetamo	7	14.50	12.50	42.76
Madero	44	93.39	85.19	1 607.13
Nocupétaro	*	1.00	1.00	26.00
San Lucas	*	1.00	1.00	6.11
Tacámbaro	21	76.50	76.36	349.23
Turicato	*	3.50	3.00	11.09
Garbanzo				
Madero	9	23.63	23.63	39.44
Tacámbaro	*	8.00	2.00	2.44
Maíz Blanco				
Michoacán	3 575	14 094.30	11 084.18	56 927.40
Carácuaro	27	108.38	106.78	251.80
Huetamo	21	83.69	69.39	111.33
Madero	67	360.54	285.21	647.09
Nocupétaro	9	29.83	29.73	50.27
San Lucas	16	43.68	33.59	110.72
Tacámbaro	27	42.45	26.38	92.34
Turicato	31	85.33	85.33	351.68
Sorgo Grano				
Michoacán	536	2 839.10	2 795.62	12 374.23
Huetamo	*	4.30	4.30	7.37
San Lucas	4	10.30	6.43	23.79
Tacámbaro	7	8.39	8.39	47.89
Turicato	9	12.89	12.89	53.76
Trigo Grano				
Michoacán	3 167	16 676.14	16 413.65	125 174.19
Huetamo	*	2.00	2.00	3.68
Madero	*	1.00	1.00	2.60
Tacámbaro	*	5.62	4.62	17.30
Otros Cultivos				
Michoacán	5 664	17 420.03	16 637.21	173 017.64
Carácuaro	*	31.61	31.61	15.87
Huetamo	28	100.53	98.54	1 642.62
Madero	74	164.04	146.93	368.83
Nocupétaro	6	3.50	2.50	12.36
San Lucas	27	102.91	102.91	2 505.84
Tacámbaro	73	170.74	143.64	2 862.40
Turicato	47	67.52	61.91	191.41

FUENTE: INEGI. *Estados Unidos Mexicanos. Censo Agropecuario 2007, VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal. Aguascalientes, Ags. 2009*

Tabla 43. Unidades de producción primavera-verano 2007

Cultivo	Unidades de producción	Superficie		Producción obtenida
		Sembrada		
		(Hectáreas)	(Toneladas)	
Avena Forrajera				
Michoacán	5 010	12 337.66	11 532.38	159 017.30
Huetamo	*	2.64	2.64	18.32
Madero	19	47.66	45.96	548.24
San Lucas	*	0.00	0.00	0.00
Tacámbaro	62	238.29	237.04	1 365.28
Turicato	*	2.45	2.45	27.48
Maíz Amarillo				
Michoacán	16 576	66 698.05	63 253.26	196 140.17
Carácuaro	17	96.08	95.01	165.89
Huetamo	259	978.57	936.74	2 344.30
Madero	94	420.39	332.30	344.49
Nocupétaro	43	133.98	108.39	390.17
San Lucas	103	624.57	609.24	1 160.86
Tacámbaro	196	575.50	560.12	1 449.94
Turicato	346	1 496.14	1 479.42	3 495.46
Maíz Blanco				
Michoacán	111 523	452 049.96	414 823.70	1 348 582.13
Carácuaro	710	7 597.52	7 400.00	8 536.81
Huetamo	2 540	10 139.14	9 052.47	21 304.04
Madero	1 128	5 960.90	4 786.83	7 356.05
Nocupétaro	863	5 681.80	5 468.80	10 264.51
San Lucas	1 091	3 550.19	3 499.84	8 415.09
Tacámbaro	1 678	4 261.50	4 131.95	9 554.96
Turicato	2 657	12 151.68	11 827.15	20 943.06
Sorgo Forrajero				
Michoacán	5 044	28 663.88	26 934.27	348 389.33
Carácuaro	42	369.31	310.21	1 673.85
Huetamo	1 038	4 792.63	4 597.49	60 300.38
Madero	6	13.63	13.63	210.20
Nocupétaro	12	43.46	43.46	402.88
San Lucas	237	983.92	869.11	9 180.37
Tacámbaro	56	78.29	75.27	934.01
Turicato	116	490.94	490.89	8 674.00
Sorgo Grano				
Michoacán	12 521	61 965.51	59 335.50	267 143.08
Carácuaro	71	310.12	293.48	320.80
Huetamo	537	2 512.61	2 348.20	6 196.20
Nocupétaro	74	225.27	182.88	544.18
San Lucas	246	942.94	905.99	2 257.11
Tacámbaro	120	304.66	223.97	1 041.58
Turicato	496	2 842.36	2 781.68	7 635.71
Otros Cultivos				
Michoacán	17 521	54 250.96	50 287.26	662 966.65
Carácuaro	35	158.57	127.67	789.89
Huetamo	388	4 402.94	4 361.13	84 442.89
Madero	110	234.55	203.64	1 574.63
Nocupétaro	97	199.15	191.86	928.77
San Lucas	117	384.44	368.73	5 512.17
Tacámbaro	628	770.96	716.23	9 950.53
Turicato	466	639.88	612.34	3 047.09

Tabla 44. Unidades de producción con cultivos perennes según superficie plantada, en producción y volumen cosechado por cultivo o plantación, entidad y municipios de la RTC

Cultivo o plantación	Unidades de producción	Cultivos Perennes		
		Superficie plantada	Producción (Hectáreas)	Volumen Cosecha (ton)
Aguacate				
Michoacán	19 091	78 020.24	67 539.69	780 793.63
Carácuaro	3	1.19	0.50	4.01
Huetamo	*	4.50	4.50	36.08
Madero	181	711.21	526.36	4 747.24
Nocupétaro	6	2.02	0.79	6.78
San Lucas	4	5.67	2.05	21.61
Tacámbaro	1 989	5 509.88	4 726.58	51 135.06
Turicato	404	1 315.31	1 093.30	11 343.45
Caña de azúcar				
Michoacán	5 313	12 494.29	11 856.86	948 579.05
Huetamo	*	2.00	2.00	135.73
Tacámbaro	1 266	1 961.86	1 879.88	163 280.61
Turicato	1 092	1 872.45	1 760.59	137 782.84
Limón				
Michoacán	4 363	32 677.25	31 282.14	519 135.42
Carácuaro	4	0.09	0.05	0.58
Huetamo	18	34.93	32.29	345.67
Madero	*	1.67	1.67	17.69
Nocupétaro	*	0.74	0.74	7.89
San Lucas	16	24.55	24.03	394.66
Tacámbaro	18	11.51	9.66	103.57
Turicato	23	28.24	28.21	299.96
Mango				
Michoacán	4 049	25 570.59	23 538.64	381 939.80
Carácuaro	8	7.62	6.04	62.20
Huetamo	12	15.83	14.67	152.14
Nocupétaro	8	13.15	1.95	20.65
San Lucas	116	510.20	469.96	5 863.77
Tacámbaro	18	37.41	34.73	461.07
Turicato	46	128.12	124.30	1 297.88
Pasto cultivado				
Michoacán	6 248	165 424.78	163 250.85	714 619.50
Carácuaro	62	638.58	622.43	13 660.59
Huetamo	19	91.29	79.57	152.54
Madero	8	55.94	55.94	852.11
Nocupétaro	87	890.11	888.42	13 091.37
Tacámbaro	14	92.60	90.01	910.75
Tumbiscatío	158	9 712.02	9 583.16	20 806.72
Otros cultivos				
Michoacán	19 288	82 231.29	76 429.36	1 309 181.47
Carácuaro	11	17.82	16.00	103.47
Huetamo	33	57.57	49.98	522.59
Madero	84	243.85	237.88	6 458.56
Nocupétaro	10	31.98	27.98	213.88
San Lucas	41	66.53	63.69	1 128.38
Tacámbaro	348	483.96	432.33	3 437.88
Turicato	91	118.71	107.93	1 731.59

Fuente: **INEGI**. *Estados Unidos Mexicanos. Censo Agropecuario 2007, VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal*. Aguascalientes, Ags. 2009.

Tabla 45. Unidades de producción que reportan agricultura bajo contrato distribuidas según principales cultivos de Michoacán y la RTC

Municipio	Unidades de producción total	Unidades de producción por cultivo				
		Caña de azúcar	Café	Trigo	Tabaco	Sorgo grano
Michoacán	2 042	960	0	67	12	0
Carácuaro	*	*	*	*	*	*
Huetamo	*	*	*	*	*	*
Madero	4	0	0	0	0	0
Nocupétaro	*	*	*	*	*	*
San Lucas	12	0	0	0	0	0
Tacámbaro	273	168	0	0	0	0
Turicato	157	154	0	0	0	0

NOTA: la información presentada corresponde a los datos captados en el cuestionario de Unidades de Producción por medio de las preguntas: 15 y 15.1 ^a La sumatoria de los parciales no coincide con el total, debido a que sólo se presenta información desagregada para los principales cultivos
Fuente: **INEGI. Estados Unidos Mexicanos. Censo Agropecuario 2007, VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal. Aguascalientes, Ags. 2009.**

Tabla 46. Unidades de producción con superficie de riego según fuente del agua utilizada para irrigación de los cultivos por entidad y municipio

Municipio	Unidades de prod.	Fuente del agua para riego						
		Bordo u hoyo de agua	Pozo prof.	Pozo a cielo abierto	Río	Manantial	Presa	Otra
Michoacán	60 146	4 695	11 986	1 765	20 970	7 640	15 512	1 116
Carácuaro	24	7	2	1	6	2	5	2
Huetamo	83	3	9	6	37	1	22	7
Madero	156	10	4	5	104	23	9	3
Nocupétaro	33	2	0	0	16	15	0	0
San Lucas	294	2	5	6	70	1	209	3
Tacámbaro	2 138	219	8	7	1 379	286	249	59
Turicato	921	106	13	36	424	330	26	2

NOTA: la información presentada corresponde a los datos captados en el cuestionario de Unidades de Producción por medio de las preguntas: 17.2, 19.1, 19.2, 19.3, 19.4, 19.5, 19.6 y 19.7 ^a La suma de los parciales puede no ser igual al total, debido a que una misma unidad puede utilizar más de una fuente de agua para riego o, en su caso, cuando la fuente no fue especificada.
Fuente: **INEGI. Estados Unidos Mexicanos. Censo Agropecuario 2007, VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal. Aguascalientes, Ags. 2009.**

Tabla 47. Unidades de producción con superficie de riego según calidad del agua utilizada para irrigación de los cultivos de la entidad los municipios de la RTC

Entidad y municipios	Unidades de producción	Calidad del agua utilizada para riego			
		Negra	Tratada	Blanca	No sabe
Michoacán	60 146	5 747	366	52 936	2 096
Carácuaro	24	0	1	12	11
Huetamo	83	0	0	73	10
Madero	156	2	0	148	6
Nocupétaro	33	0	0	33	0
San Lucas	294	1	0	291	3
Tacámbaro	2 138	64	4	2 058	17
Turicato	921	18	2	866	39

NOTA: la información presentada corresponde a los datos captados en el cuestionario de Unidades de Producción por medio de las preguntas: 17.2, 20.1, 20.2, 20.3 y 20.4^a La suma de los parciales puede no ser igual al total, debido a que una misma unidad puede utilizar más de un tipo de calidad de agua para el riego o, en su caso, cuando la calidad del agua no fue especificada. Fuente: **INEGI. Estados Unidos Mexicanos. Censo Agropecuario 2007, VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal. Aguascalientes, Ags. 2009.**

Tabla 48. Unidades de producción con superficie agrícola y su distribución según disponibilidad de agua para riego y área de temporal de la entidad Y los municipios de la RTC

Entidad y municipios	Unidades de producción	Superficie agrícola				
		Total (Hectáreas)	De riego		De temporal	
			Unidades de producción	(Has)	Unidades de Producción	(Has)
Michoacán	179 667	1 422 771.48	60 146	306 512.45	138 841	1 116 259.05
Carácuaro	730	21 532.89	24	196.72	728	21 336.17
Huetamo	3 454	52 622.79	83	3 621.69	3 434	49 001.10
Madero	1 397	20 862.48	156	803.02	1 346	20 059.46
Nocupétaro	919	16 146.67	33	89.94	918	16 056.73
San Lucas	1 511	16 064.13	294	1 880.55	1 435	14 183.58
Tacámbaro	4 529	17 888.00	2 138	5 595.16	3 194	12 292.83
Turicato	3 969	34 378.73	921	3 179.83	3 579	31 198.90

Nota: la información presentada corresponde a los datos captados en el cuestionario de Unidades de Producción por medio de las preguntas: 7.A, 17.1 y 17.2^a El total de unidades de producción puede no ser igual a la suma de los parciales debido a que una misma unidad puede disponer, a la vez, tanto de superficie de riego como de temporal. FUENTE: **INEGI. Estados Unidos Mexicanos. Censo Agropecuario 2007, VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal. Aguascalientes, Ags. 2009.**

Tabla 49. Unidades de producción con superficie agrícola según tipo de tracción utilizada para las actividades agrícolas de la entidad y los municipios de la RTC

Entidad y municipios	Unidades de producción	Tipo de tracción utilizada			
		Sólo mecánica	Sólo animales de trabajo	Mecánica y animales de trabajo y animales	Sólo utilizan herramientas manuales
Michoacán	179 667	75 918	36 213	20 954	33 912
Carácuaro	730	101	64	18	526
Huetamo	3 454	1 942	593	150	684
Madero	1 397	189	101	43	1 011
Nocupétaro	919	100	154	17	628
San Lucas	1 511	1 032	146	78	159
Tacámbaro	4 529	1 609	654	524	1 533
Turicato	3 969	1 349	836	176	1 403

Tabla 50. Unidades de producción con superficie agrícola según tipo de tracción utilizada para las actividades agrícolas de la entidad y los municipios de la RTC

Entidad y municipios	Tipo de tracción utilizada				
	Sólo mecánica	Sólo animales	Mecánica y animales de trabajo y animales	Sólo utilizan herramientas manuales	Ponderación de tracción mecánica, animal y herramientas
Michoacán					
Carácuaro	1.30	1.34	0.90	2.79	5.43
Huetamo	3.68	3.00	1.64	3.11	9.79
Madero	1.41	1.46	1.04	3.77	6.64
Nocupétaro	1.30	1.62	0.90	3.00	5.92
San Lucas	2.50	1.60	1.24	2.05	6.15
Tacámbaro	3.25	3.19	3.73	4.83	11.27
Turicato	2.91	3.76	1.79	4.57	11.24

Tabla 51. Superficie ensalitrada y erosionada de las unidades de producción según temporalidad de la entidad y los municipios de la RTC

	Característica o condición de la superficie				Ponderación superficie erosionada y /o ensalitrada	
	Ensalitrada		Erosionada			
	Hasta 5 años	Por más de 5 años	hasta 5 años	Por más de 5 años		
Carácuaro	21.00	0.00	0.00	0.00	21.00	2.43
Huetamo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70
Madero	0.00	0.00	1.00	0.10	1.00	0.78
Nocupétaro	2.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.86
San Lucas	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.78
Tacámbaro	0.00	3.82	3.63	3.70	3.63	1.00
Turicato	27.66	10.00	2.51	14.50	30.17	3.19

Tabla 52. Superficie agrícola total según tipo de tecnología aplicada para el manejo de los cultivos o plantaciones por entidad y municipio (hectáreas)

	Superficie agrícola	Tipo de tecnología aplicada en las labores agrícolas					
		Fertilizantes		Semilla	Abonos	Herbicidas	
		Químicos	Mejorada	Orgánicos	Total	Químicos	Orgánicos
		34.4%	11.9%	5.8%	20.8%	19.2%	1.5%
Michoacán	1 422 771.48	490 091.23	169 354.81	82 053.15	295 309.32	273 566.69	21 742.63
Carácuaro	21 532.89	1 758.33	197.86	15.57	927.40	877.30	50.09
Huetamo	52 622.79	12 235.80	7 323.02	2 627.45	5 831.23	5 667.88	163.35
Madero	20 862.48	1 319.97	40.63	195.21	738.64	713.06	25.58
Nocupétaro	16 146.67	1 298.93	240.61	233.17	652.62	616.62	36.00
San Lucas	16 064.13	4 739.16	2 594.36	552.55	3 741.76	3 028.99	712.77
Tacámbaro	17 888.00	8 854.42	272.69	3 724.39	3 228.22	2 740.94	487.28
Turicato	34 378.73	9 508.82	725.69	1 156.71	5 292.15	5 126.20	165.96

Tabla 53. Tipo de tecnología aplicada en las labores agrícolas

Entidad y Municipios	Tipo de tecnología aplicada en las labores agrícolas				
	Total	Insecticidas		Quema controlada	Otro tipo de tecnología
		Químicos	Orgánicos		
Michoacán	210 161.21	205 556.16	4 605.04	40 284.30	1 688.30
Carácuaro	49.89	49.89	0.00	52.19	0.00
Huetamo	2 250.83	2 243.76	7.07	272.62	0.00
Madero	368.09	365.09	3.00	185.60	1.02
Nocupétaro	3.00	1.00	2.00	3.10	0.00
San Lucas	1 874.46	1 863.31	11.14	1 014.07	4.10
Tacámbaro	2 947.84	2 892.08	55.76	255.13	3.50
Turicato	2 342.97	2 257.70	85.27	348.16	1.00

Tabla 54. Superficie agrícola total según el empleo de tecnología aplicada para el manejo de los cultivos o plantaciones por entidad y municipios de la RTC (hectáreas)

Entidad y municipios	Unidades de Producción	Tipo de tecnología aplicada en las labores agrícolas					
		Fertilizantes químicos	Semilla mejorada	Abono Orgánico	Herbicidas		
					Total	Químicos	Orgánicos
Michoacán	118 300	110 969	30 761	19 832	55 454	53 447	4 329
Carácuaro	159	153	21	5	86	83	5
Huetamo	2 399	2 184	623	455	827	800	40
Madero	310	291	16	25	115	113	6
Nocupétaro	261	258	63	17	169	163	8
San Lucas	1 144	1 017	473	73	581	571	43
Tacámbaro	2 677	2 593	124	927	961	913	92
Turicato	2 001	1 964	134	180	819	792	45

Tabla 55. Superficie agrícola total según el empleo de tecnología aplicada para el manejo de los cultivos o plantaciones por entidad y municipios de la RTC (hectáreas)

Entidad y municipios	Tipo de tecnología aplicada en las labores agrícolas				
	Insecticidas			Quema	Otro tipo de
	Total	Químicos	Orgánicos	Controlada	tecnología
Michoacán	39 609	39 208	790	8 835	469
Carácuaro	8	8	0	15	0
Huetamo	434	434	4	114	0
Madero	45	45	1	51	1
Nocupétaro	2	1	1	2	0
San Lucas	352	351	2	184	2
Tacámbaro	965	954	17	134	2
Turicato	542	537	8	133	1

Tabla 56. Tipo de tecnología aplicada en las labores agrícolas

	Insecticidas			Quema	Otro tipo de tecnología	Índice	Técnica
	Total	Químicos	Orgánicos	Controlada		QOCOTEC	
						UP	
Carácuaro	0.50	0.50	0.44	0.66	0.49	2.09	4.90
Huetamo	1.12	1.12	0.81	1.29	0.49	3.71	10.92
Madero	0.55	0.55	0.53	0.89	1.06	3.03	5.98
Nocupétaro	0.49	0.49	0.53	0.58	0.49	2.09	5.20
San Lucas	1.00	1.00	0.62	1.73	1.63	4.98	10.45
Tacámbaro	1.89	1.88	2.02	1.41	1.63	6.94	14.96
Turicato	1.27	1.27	1.18	1.41	1.06	4.92	10.53

Tabla 57. Unidades de riego

	Unidades de producción	(Hectáreas)	UP/SP	Unidades de Producción	(Hectáreas)	UP/SP
Michoacán	33%	22%	1.554	3.177	3.012	1.05
Carácuaro	3%	1%	3.599	1.313	1.088	1.21
Huetamo	2%	7%	0.349	1.258	1.645	0.77
Madero	11%	4%	2.901	1.799	1.362	1.32
Nocupétaro	4%	1%	6.446	1.332	1.055	1.26
San Lucas	19%	12%	1.662	2.311	2.095	1.10
Tacámbaro	47%	31%	1.509	4.025	3.921	1.03
Turicato	23%	9%	2.509	2.543	1.866	1.36

Tabla 58. Unidades de producción con disponibilidad de instalaciones para el manejo de la producción agrícola según tipo de instalación de la entidad y los municipios de la RTC

Entidad y municipios	Unidades de producción	Tipo de instalación					
		Beneficiadora de café o cacao	Deshidratadora	Empacadora de frutas o verduras	Seleccionadora	Desfibradora	Otras Instalaciones
Michoacán	1 085	329	28	348	45	21	349
Carácuaro							
Huetamo	5	3	0	1	0	1	0
Madero							
Nocupétaro							
San Lucas							
Tacámbaro	44	37	0	7	0	0	0
Turicato	6	3	0	3	0	0	0

Tabla 59. Unidades de producción con actividad agropecuaria o forestal según cobertura de crédito o seguro por la entidad y los municipios de la RTC

Entidad y municipios	Unidades de producción	Unidades con crédito o seguro			
		Total	Sólo crédito	Sólo seguro	Crédito Y Seguro
Michoacán	192 499	8 895	8 055	663	177
Carácuaro	996	27	26	1	0
Huetamo	3 664	72	60	10	2
Madero	1 588	31	26	3	2
Nocupétaro	954	19	19	0	0
San Lucas	1 636	60	58	2	0
Tacámbaro	4 607	404	384	16	4
Turicato	4 419	183	154	22	7

Anexo II. Análisis de componentes principales (ACP) de las variables agrícolas

XLSTAT 2015.5.01.23042 - Análisis de Componentes Principales (ACP) - el 02/11/2015 a las 15:48:52

Tabla observaciones/variables: Libro = Base_orig_agricul_15.xlsx / Hoja = RESUMEN / Rango = RESUMEN!\$B\$1:\$Q\$114 / 113 filas y 16 columnas

Etiquetas de las observaciones: Libro = Base_orig_agricul_15.xlsx / Hoja = RESUMEN / Rango = RESUMEN!\$A\$1:\$A\$114 / 113 filas y 1 columna

Tipo de ACP: Pearson (n)

Tipo de biplot: Biplot de distancia / Coeficiente = Automático

Estadísticos descriptivos:

Variable	Observaciones	con datos	per sin datos	per	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
SUP_AGR	113	0	113		1129.665	90804.728	12590.898	13330.891
FER_QUÍMIC	113	0	113		203.094	17023.235	4337.091	3324.204
SEM_MEJORA	113	0	113		9.500	8583.230	1498.715	2016.441
A_NATURALE	113	0	113		2.158	6080.146	726.134	963.200
HERB_QUÍMI	113	0	113		18.431	9941.279	2420.944	2306.981
HERB_ORGÁN	113	0	113		0.000	1394.056	192.413	222.055
INSEC_QUÍMI	113	0	113		0.000	8700.917	1819.081	1953.964
INSEC_ORGÁI	113	0	113		0.000	251.219	40.753	58.471
QUEMA_CON	113	0	113		0.000	3005.327	356.498	510.075
OTRA_TECNC	113	0	113		0.000	433.651	14.941	57.392
CREDITO	113	0	113		2.000	788.000	71.283	101.856
SEGURO	113	0	113		0.000	32.000	5.867	6.198
CREDYSEG	113	0	113		0.000	12.000	1.566	2.216
Riego_UP	113	0	113		0.003	0.948	0.324	0.253
Traccion	113	0	113		0.000	0.480	0.108	0.103
SalyEros	113	0	113		0.419	9.167	0.838	1.000

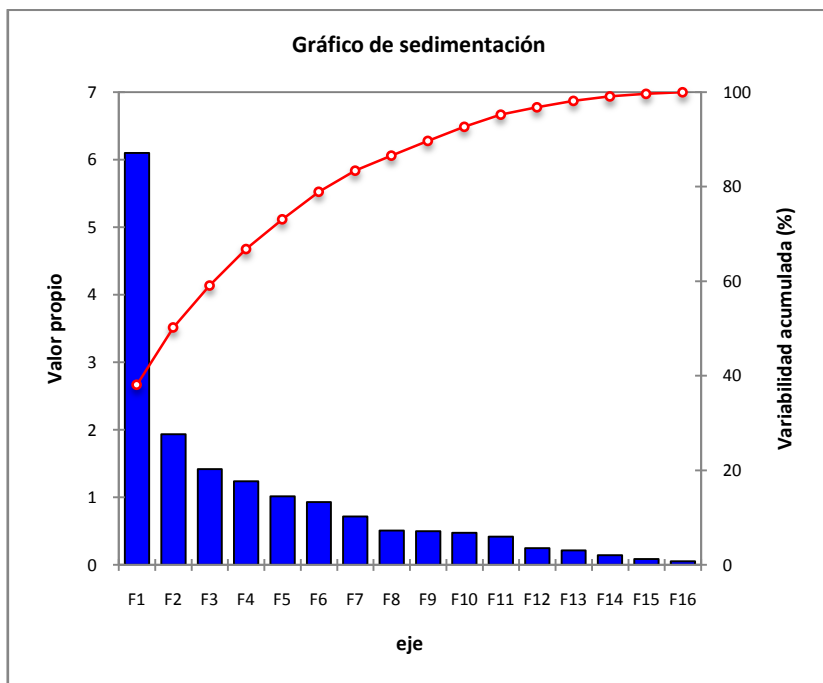
Matriz de correlaciones (Pearson (n)):

Variables	SUP_AGR	FER_QUÍMIC	SEM_MEJORA	A_NATURALE	HERB_QUÍMI	HERB_ORGÁN	INSEC_QUÍMI	INSEC_ORGÁI	QUEMA_CON	OTRA_TECNC	CREDITO	SEGURO	CREDYSEG	Riego_UP	Traccion	SalyEros
SUP_AGR	1	0.239	0.032	0.168	0.130	0.169	0.016	0.088	0.235	0.036	0.007	0.075	0.105	-0.185	-0.281	0.246
FER_QUÍMIC	0.239	1	0.545	0.566	0.873	0.704	0.768	0.348	0.499	0.230	0.550	0.589	0.571	0.271	0.177	0.101
SEM_MEJORA	0.032	0.545	1	-0.020	0.727	0.231	0.789	0.131	0.530	0.139	0.588	0.257	0.384	0.299	0.299	-0.075
A_NATURALE	0.168	0.566	-0.020	1	0.313	0.700	0.317	0.338	0.050	0.083	0.175	0.285	0.255	-0.024	-0.025	0.192
HERB_QUÍMI	0.130	0.873	0.727	0.313	1	0.631	0.879	0.356	0.529	0.246	0.603	0.506	0.548	0.366	0.276	-0.006
HERB_ORGÁN	0.169	0.704	0.231	0.700	0.631	1	0.608	0.538	0.348	0.164	0.318	0.331	0.366	0.232	0.054	0.090
INSEC_QUÍMI	0.016	0.768	0.789	0.317	0.879	0.608	1	0.430	0.551	0.239	0.619	0.386	0.542	0.436	0.313	-0.048
INSEC_ORGÁI	0.088	0.348	0.131	0.338	0.356	0.538	0.430	1	0.181	0.309	0.161	0.092	0.308	0.331	0.149	0.057
QUEMA_CON	0.235	0.499	0.530	0.050	0.529	0.348	0.551	0.181	1	0.235	0.500	0.366	0.396	0.275	0.016	-0.003
OTRA_TECNC	0.036	0.230	0.139	0.083	0.246	0.164	0.239	0.309	0.235	1	0.145	0.212	0.435	0.269	0.072	0.017
CREDITO	0.007	0.550	0.588	0.175	0.603	0.318	0.619	0.161	0.500	0.145	1	0.477	0.600	0.346	0.236	0.010
SEGURO	0.075	0.589	0.257	0.285	0.506	0.331	0.386	0.092	0.366	0.212	0.477	1	0.554	0.190	-0.040	0.027
CREDYSEG	0.105	0.571	0.384	0.255	0.548	0.366	0.542	0.308	0.396	0.435	0.600	0.554	1	0.354	-0.046	0.066
Riego_UP	-0.185	0.271	0.299	-0.024	0.366	0.232	0.436	0.331	0.275	0.269	0.346	0.190	0.354	1	0.193	-0.080
Traccion	-0.281	0.177	0.299	-0.025	0.276	0.054	0.313	0.149	0.016	0.072	0.236	-0.040	-0.046	0.193	1	-0.028
SalyEros	0.246	0.101	-0.075	0.192	-0.006	0.090	-0.048	0.057	-0.003	0.017	0.010	0.027	0.066	-0.080	-0.028	1

Análisis de Componentes Principales:

Valores propios:

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15	F16
Valor propio	6.103	1.935	1.416	1.235	1.014	0.929	0.715	0.510	0.501	0.473	0.418	0.249	0.215	0.145	0.087	0.055
Variancia (%)	38.143	12.093	8.852	7.721	6.336	5.807	4.469	3.189	3.128	2.959	2.611	1.557	1.344	0.907	0.542	0.342
% acumulado	38.143	50.236	59.087	66.808	73.144	78.951	83.420	86.609	89.738	92.697	95.308	96.865	98.209	99.116	99.658	100.000



Vectores propios:

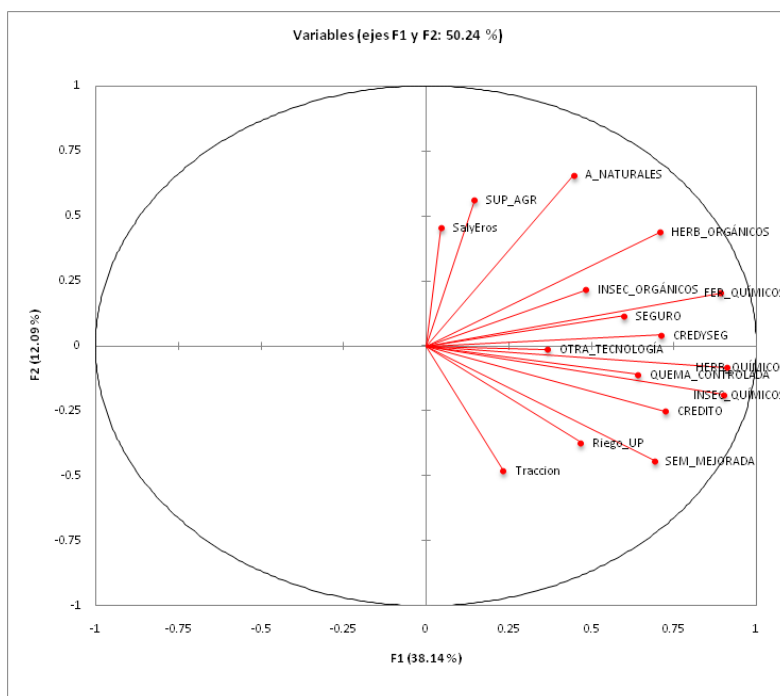
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15	F16
SUP_AGR	0.060	0.404	-0.373	-0.055	-0.452	-0.244	-0.109	-0.048	0.527	-0.225	-0.230	-0.050	-0.014	-0.150	0.081	0.001
FER_QUÍMIC	0.362	0.147	-0.019	-0.164	0.088	0.023	-0.106	0.121	0.018	-0.221	0.003	0.144	-0.008	0.604	-0.225	-0.549
SEM_MEJORA	0.280	-0.318	-0.176	-0.241	-0.203	-0.074	-0.067	-0.229	-0.263	-0.184	0.095	-0.323	-0.290	-0.291	-0.491	-0.029
A_NATURALE	0.181	0.473	0.273	-0.156	0.276	0.062	-0.066	0.002	-0.125	0.081	-0.396	-0.231	-0.500	0.034	0.032	0.276
HERB_QUÍMI	0.369	-0.060	-0.014	-0.171	-0.020	-0.055	-0.087	0.015	-0.050	-0.289	0.159	0.112	0.321	0.277	0.056	0.716
HERB_ORGÁN	0.287	0.315	0.279	-0.118	0.088	-0.186	0.093	0.149	-0.143	0.080	-0.073	0.170	0.503	-0.511	-0.239	-0.145
INSEC_QUÍMI	0.365	-0.134	0.076	-0.153	-0.067	-0.104	0.012	-0.122	-0.199	-0.111	0.080	-0.020	-0.090	-0.168	0.788	-0.270
INSEC_ORGÁN	0.196	0.155	0.465	0.224	-0.264	-0.215	0.123	-0.269	0.262	0.284	0.494	-0.178	-0.104	0.158	-0.082	0.014
QUEMA_CON	0.259	-0.079	-0.326	0.032	-0.226	-0.239	0.092	0.490	-0.161	0.578	-0.016	0.197	-0.217	0.079	0.001	0.099
OTRA_TECNC	0.150	-0.009	0.084	0.632	-0.198	0.076	-0.586	0.128	-0.242	-0.050	-0.172	-0.228	0.150	0.006	0.016	-0.033
CREDITO	0.293	-0.180	-0.191	-0.049	0.112	0.228	0.149	-0.320	0.205	0.427	-0.356	-0.372	0.378	0.137	0.029	-0.037
SEGURO	0.243	0.084	-0.268	0.140	0.463	0.237	-0.066	0.336	0.327	-0.057	0.455	-0.253	-0.079	-0.255	0.036	-0.004
CREDYSEG	0.289	0.030	-0.169	0.370	0.148	0.176	0.013	-0.473	0.038	0.016	-0.055	0.626	-0.213	-0.148	-0.083	0.051
Riego_UP	0.190	-0.268	0.214	0.349	-0.066	-0.013	0.598	0.288	0.161	-0.373	-0.308	-0.072	-0.104	-0.008	-0.046	0.025
Traccion	0.095	-0.346	0.394	-0.294	-0.192	0.352	-0.355	0.196	0.428	0.122	-0.113	0.236	-0.113	-0.153	-0.031	0.013
SalyEros	0.019	0.327	-0.063	-0.051	-0.457	0.714	0.272	0.063	-0.248	-0.018	0.159	-0.017	0.044	-0.013	0.026	0.004

Cargas factoriales:

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15	F16
SUP_AGR	0.148	0.562	-0.444	-0.061	-0.455	-0.235	-0.093	-0.035	0.373	-0.155	-0.148	-0.025	-0.007	-0.057	0.024	0.000
FER_QUÍMICO	0.894	0.204	-0.022	-0.182	0.088	0.022	-0.090	0.086	0.013	-0.152	0.002	0.072	-0.004	0.230	-0.066	-0.128
SEM_MEJORA	0.693	-0.442	-0.209	-0.268	-0.205	-0.071	-0.056	-0.164	-0.186	-0.127	0.062	-0.161	-0.135	-0.111	-0.145	-0.007
A_NATURALE	0.448	0.658	0.324	-0.173	0.277	0.060	-0.056	0.002	-0.088	0.056	-0.256	-0.115	-0.232	0.013	0.009	0.065
HERB_QUÍMICO	0.912	-0.083	-0.017	-0.190	-0.021	-0.053	-0.074	0.011	-0.035	-0.199	0.103	0.056	0.149	0.106	0.017	0.168
HERB_ORGÁNICO	0.708	0.439	0.332	-0.131	0.089	-0.180	0.079	0.106	-0.101	0.055	-0.047	0.085	0.233	-0.194	-0.070	-0.034
INSEC_QUÍMICO	0.902	-0.187	0.091	-0.170	-0.068	-0.100	0.010	-0.087	-0.141	-0.076	0.051	-0.010	-0.042	-0.064	0.232	-0.063
INSEC_ORGÁNICO	0.485	0.215	0.554	0.249	-0.266	-0.207	0.104	-0.192	0.185	0.196	0.320	-0.089	-0.048	0.060	-0.024	0.003
QUEMA_CON	0.640	-0.110	-0.388	0.035	-0.227	-0.230	0.078	0.350	-0.114	0.398	-0.010	0.098	-0.101	0.030	0.000	0.023
OTRA_TECNOL	0.370	-0.013	0.100	0.702	-0.199	0.073	-0.495	0.091	-0.171	-0.034	-0.111	-0.114	0.070	0.002	0.005	-0.008
CREDITO	0.725	-0.251	-0.227	-0.055	0.113	0.220	0.126	-0.229	0.145	0.294	-0.230	-0.186	0.175	0.052	0.008	-0.009
SEGURO	0.601	0.116	-0.319	0.156	0.466	0.229	-0.056	0.240	0.231	-0.039	0.294	-0.126	-0.037	-0.097	0.011	-0.001
CREDYSEG	0.714	0.042	-0.201	0.412	0.149	0.170	0.011	-0.338	0.027	0.011	-0.036	0.312	-0.099	-0.057	-0.025	0.012
Riego_UP	0.470	-0.373	0.254	0.388	-0.067	-0.012	0.506	0.206	0.114	-0.257	-0.199	-0.036	-0.048	-0.003	-0.014	0.006
Traccion	0.235	-0.481	0.468	-0.327	-0.193	0.340	-0.301	0.140	0.303	0.084	-0.073	0.118	-0.052	-0.058	-0.009	0.003
SalyEros	0.046	0.455	-0.075	-0.057	-0.460	0.688	0.230	0.045	-0.175	-0.012	0.102	-0.009	0.020	-0.005	0.008	0.001

Correlaciones entre las variables y los factores:

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15	F16
SUP_AGR	0.148	0.562	-0.444	-0.061	-0.455	-0.235	-0.093	-0.035	0.373	-0.155	-0.148	-0.025	-0.007	-0.057	0.024	0.000
FER_QUÍMICO	0.894	0.204	-0.022	-0.182	0.088	0.022	-0.090	0.086	0.013	-0.152	0.002	0.072	-0.004	0.230	-0.066	-0.128
SEM_MEJORA	0.693	-0.442	-0.209	-0.268	-0.205	-0.071	-0.056	-0.164	-0.186	-0.127	0.062	-0.161	-0.135	-0.111	-0.145	-0.007
A_NATURALE	0.448	0.658	0.324	-0.173	0.277	0.060	-0.056	0.002	-0.088	0.056	-0.256	-0.115	-0.232	0.013	0.009	0.065
HERB_QUÍMICO	0.912	-0.083	-0.017	-0.190	-0.021	-0.053	-0.074	0.011	-0.035	-0.199	0.103	0.056	0.149	0.106	0.017	0.168
HERB_ORGÁNICO	0.708	0.439	0.332	-0.131	0.089	-0.180	0.079	0.106	-0.101	0.055	-0.047	0.085	0.233	-0.194	-0.070	-0.034
INSEC_QUÍMICO	0.902	-0.187	0.091	-0.170	-0.068	-0.100	0.010	-0.087	-0.141	-0.076	0.051	-0.010	-0.042	-0.064	0.232	-0.063
INSEC_ORGÁNICO	0.485	0.215	0.554	0.249	-0.266	-0.207	0.104	-0.192	0.185	0.196	0.320	-0.089	-0.048	0.060	-0.024	0.003
QUEMA_CON	0.640	-0.110	-0.388	0.035	-0.227	-0.230	0.078	0.350	-0.114	0.398	-0.010	0.098	-0.101	0.030	0.000	0.023
OTRA_TECNOL	0.370	-0.013	0.100	0.702	-0.199	0.073	-0.495	0.091	-0.171	-0.034	-0.111	-0.114	0.070	0.002	0.005	-0.008
CREDITO	0.725	-0.251	-0.227	-0.055	0.113	0.220	0.126	-0.229	0.145	0.294	-0.230	-0.186	0.175	0.052	0.008	-0.009
SEGURO	0.601	0.116	-0.319	0.156	0.466	0.229	-0.056	0.240	0.231	-0.039	0.294	-0.126	-0.037	-0.097	0.011	-0.001
CREDYSEG	0.714	0.042	-0.201	0.412	0.149	0.170	0.011	-0.338	0.027	0.011	-0.036	0.312	-0.099	-0.057	-0.025	0.012
Riego_UP	0.470	-0.373	0.254	0.388	-0.067	-0.012	0.506	0.206	0.114	-0.257	-0.199	-0.036	-0.048	-0.003	-0.014	0.006
Traccion	0.235	-0.481	0.468	-0.327	-0.193	0.340	-0.301	0.140	0.303	0.084	-0.073	0.118	-0.052	-0.058	-0.009	0.003
SalyEros	0.046	0.455	-0.075	-0.057	-0.460	0.688	0.230	0.045	-0.175	-0.012	0.102	-0.009	0.020	-0.005	0.008	0.001



Puntuaciones factoriales:

MUNICIPIO	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15	F16
CARÁCUARO	-2.46	0.90	-0.94	-0.23	-0.90	0.53	0.01	-0.32	-0.33	-0.06	0.13	-0.07	0.57	0.09	0.10	-0.01
HUETAMO	2.48	1.84	-2.08	-2.16	-0.29	-1.04	-1.64	-0.83	0.31	-1.98	-0.48	-1.00	-1.43	0.42	-1.26	0.09
MADERO	-2.04	0.34	-0.99	0.37	0.05	-0.37	-0.23	-0.55	0.20	0.09	-0.16	0.40	0.02	-0.12	0.20	0.11
NOCUPÉTARO	-2.66	0.35	-0.57	-0.11	-0.06	-0.46	-0.33	-0.52	-0.25	0.06	-0.14	-0.10	0.34	0.13	0.04	0.05
SAN LUCAS	0.62	0.57	-0.26	-1.00	-0.30	-1.52	0.10	0.86	-1.12	0.62	-0.34	0.36	1.19	-0.90	-0.70	-0.21
TACÁMBARO	3.26	1.82	0.31	-0.25	2.30	1.04	0.55	-0.55	1.22	0.98	-1.88	-1.05	-0.03	0.16	0.25	-0.17
TUMBISCATÍO	-2.58	0.83	-1.57	-0.08	-1.01	-1.23	-0.50	-0.07	0.47	0.42	-0.48	0.09	-0.02	-0.17	0.27	0.06

Resumen del análisis

	SUP_AGR	FER_QUIMICOS	SEM_MEJORADA	A_NATURALES	HERB_QUÍMICOS	HERB_ORGÁNICOS	INSEC_QUIMICOS	INSEC_ORGÁNICOS	QUEMA_CONTROLADA	OTRA_TECNOLOGÍA	CREDITO	SEGURO	CREDYSEG	Riego_UP	Traccion	SalyEros
CARÁCUARO	21532.9	1758.3	197.9	15.6	61.8	50.1	49.9	0.0	52.2	0.0	26.0	1	0	0.0	0.0	2.1
HUETAMO	52622.8	12235.8	7323.0	2627.4	61.8	163.3	2243.8	7.1	272.6	0.0	60.0	10	2	0.0	0.0	0.4
MADERO	20862.5	1320.0	40.6	195.2	61.8	25.6	365.1	3.0	185.6	1.0	26.0	3	2	0.1	0.0	0.5
NOCUPÉTARO	16146.7	1298.9	240.6	233.2	61.8	36.0	1.0	2.0	3.1	0.0	19.0	0	0	0.0	0.0	0.6
SAN LUCAS	16064.1	4739.2	2594.4	552.6	61.8	712.8	1863.3	11.1	1014.1	4.1	58.0	2	0	0.2	0.1	0.5
TACÁMBARO	17888.0	8854.4	272.7	3724.4	61.8	487.3	2892.1	55.8	255.1	3.5	384.0	16	4	0.5	0.1	0.7
TURICATO	34378.7	9508.8	725.7	1156.7	61.8	166.0	2257.7	85.3	348.2	1.0	154.0	22	7	0.2	0.0	2.8

Cosenos cuadrados de las observaciones:

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15	F16
CARÁCUAR	0.64	0.09	0.09	0.01	0.09	0.03	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
HUETAMO	0.19	0.10	0.13	0.15	0.00	0.03	0.08	0.02	0.00	0.12	0.01	0.03	0.06	0.01	0.05	0.00
MADERO	0.67	0.02	0.16	0.02	0.00	0.02	0.01	0.05	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.01	0.00
NOCUPÉTAR	0.85	0.01	0.04	0.00	0.00	0.03	0.01	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
SAN LUCAS	0.04	0.03	0.01	0.10	0.01	0.24	0.00	0.08	0.13	0.04	0.01	0.01	0.15	0.08	0.05	0.00
TACÁMBAR	0.38	0.12	0.00	0.00	0.19	0.04	0.01	0.01	0.05	0.03	0.12	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
TURICATO	0.29	0.21	0.14	0.02	0.00	0.14	0.00	0.02	0.08	0.01	0.07	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00

Los valores en negrita corresponden para cada observación al factor para el cual el coseno cuadrado es el mayor

Anexo III. Resultado del análisis de componentes principales (ACP) de las variables socioeconómicas

XLSTAT 2015.5.01.23042 - Análisis de Componentes Principales (ACP) - el 02/11/2015 a las 22:36:24

Tabla observaciones/variables: Libro = Base_orig_agricul_15.xlsx / Hoja = Hoja2 / Rango = Hoja2!\$AA\$1:\$AF\$114 / 113 filas y 6 columnas

Etiquetas de las observaciones: Libro = Base_orig_agricul_15.xlsx / Hoja = Hoja2 / Rango = Hoja2!\$Z\$1:\$Z\$114 / 113 filas y 1 columna

Tipo de ACP: Pearson (n)

Tipo de biplot: Biplot de distancia / Coeficiente = Automático

Estadísticos descriptivos:

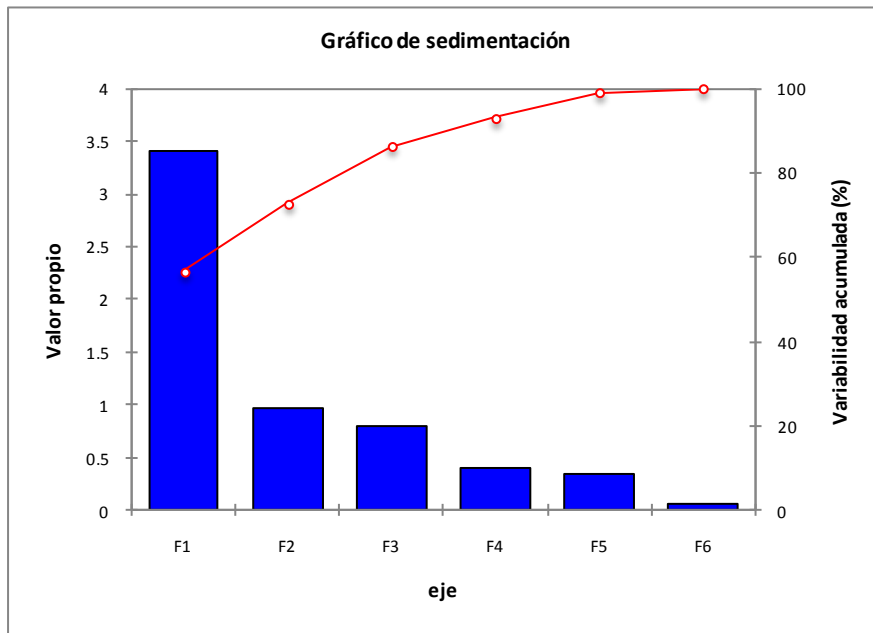
Variable	Observaciones	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
IDH	7	0.62	0.83	0.73	0.04
Marginación	7	9.67	49.96	25.38	7.31
Pobreza_FGT	7	3.41	70.12	35.73	12.66
Dep_Econ	7	2.33	4.21	3.02	0.35
PIB/Hab	7	6612.21	158811.65	34384.05	26084.20
Vul_Agr	7	3.28	10.92	7.64	1.97

Matriz de correlaciones (Pearson (n)):

Variables	IDH	Marginacion	Pobreza_FGT	Dep_Econ	PIB/Hab	Vul_Agr
IDH	1.00	-0.93	-0.53	-0.41	0.57	-0.12
Marginacion	-0.93	1.00	0.57	0.47	-0.61	0.16
Pobreza_FGT	-0.53	0.57	1.00	0.62	-0.58	0.16
Dep_Econ	-0.41	0.47	0.62	1.00	-0.56	0.09
PIB/Hab	0.57	-0.61	-0.58	-0.56	1.00	-0.23
Vul_Agr	-0.12	0.16	0.16	0.09	-0.23	1.00

Análisis de Componentes Principales: Valores propios:

	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Valor propio	3.41	0.97	0.80	0.41	0.35	0.06
Variabilidad %	56.81	16.16	13.28	6.85	5.87	1.03
% acumulado	56.81	72.97	86.25	93.10	98.97	100.00

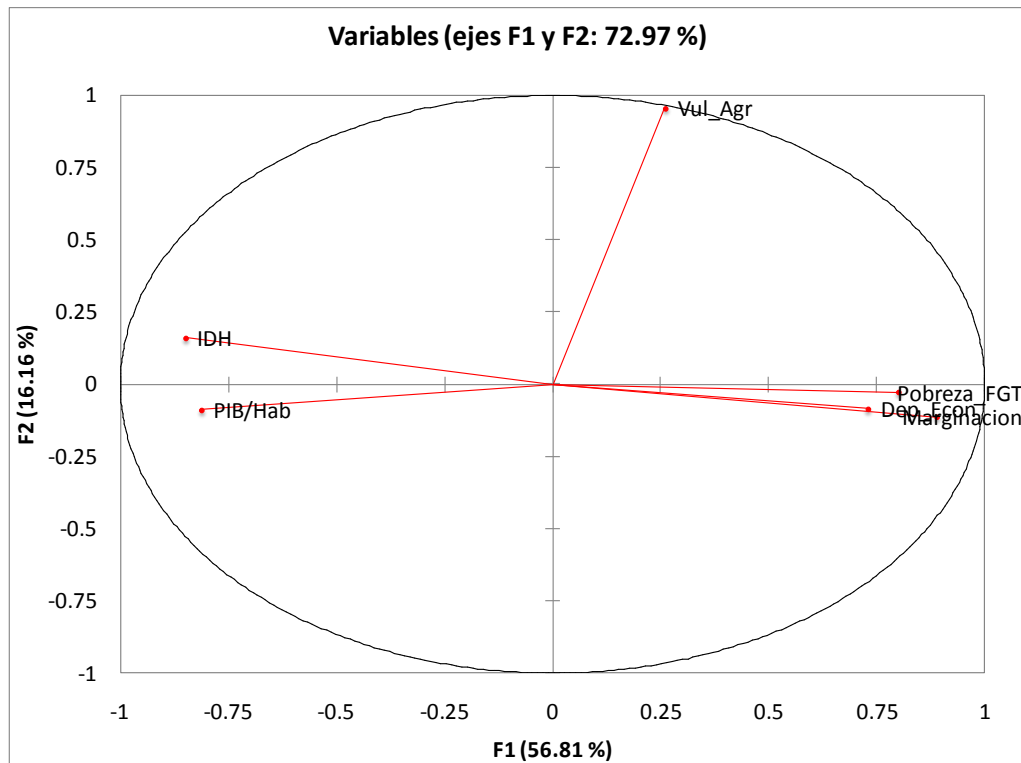


Vectores propios:

	F1	F2	F3	F4	F5	F6
IDH	-0.46	0.16	0.52	-0.11	-0.13	0.68
Marginacion	0.48	-0.11	-0.44	0.08	0.15	0.73
Pobreza_FGT	0.43	-0.03	0.36	0.54	-0.62	0.00
Dep_Econ	0.39	-0.08	0.61	0.05	0.67	-0.05
PIB/Hab	-0.44	-0.09	-0.15	0.82	0.32	0.03
Vul_Agr	0.14	0.97	-0.09	0.12	0.11	-0.03

Cargas factoriales:

	F1	F2	F3	F4	F5	F6
IDH	-0.85	0.16	0.46	-0.07	-0.07	0.17
Marginacion	0.89	-0.11	-0.40	0.05	0.09	0.18
Pobreza_FGT	0.80	-0.03	0.32	0.35	-0.37	0.00
Dep_Econ	0.73	-0.08	0.55	0.03	0.40	-0.01
PIB/Hab	-0.81	-0.09	-0.13	0.53	0.19	0.01
Vul_Agr	0.26	0.96	-0.08	0.08	0.06	-0.01



Correlaciones entre las variables y los factores:

	F1	F2	F3	F4	F5	F6
IDH	-0.85	0.16	0.46	-0.07	-0.07	0.17
Marginacion	0.89	-0.11	-0.40	0.05	0.09	0.18
Pobreza_FGT	0.80	-0.03	0.32	0.35	-0.37	0.00
Dep_Econ	0.73	-0.08	0.55	0.03	0.40	-0.01
PIB/Hab	-0.81	-0.09	-0.13	0.53	0.19	0.01
Vul_Agr	0.26	0.96	-0.08	0.08	0.06	-0.01

Contribuciones de las variables (%):

	F1	F2	F3	F4	F5	F6
IDH	21.19	2.68	26.63	1.27	1.58	46.65
Marginacion	23.09	1.32	19.66	0.64	2.34	52.95
Pobreza_FGT	18.73	0.08	12.94	29.27	38.98	0.00
Dep_Econ	15.57	0.72	37.82	0.24	45.44	0.21
PIB/Hab	19.44	0.78	2.16	67.08	10.46	0.09
Vul_Agr	1.99	94.43	0.79	1.50	1.20	0.09

Cosenos cuadrados de las variables:

	F1	F2	F3	F4	F5	F6
--	----	----	----	----	----	----

IDH	0.72	0.03	0.21	0.01	0.01	0.03
Marginacion	0.79	0.01	0.16	0.00	0.01	0.03
Pobreza_FGT	0.64	0.00	0.10	0.12	0.14	0.00
Dep_Econ	0.53	0.01	0.30	0.00	0.16	0.00
PIB/Hab	0.66	0.01	0.02	0.28	0.04	0.00
Vul_Agr	0.07	0.92	0.01	0.01	0.00	0.00

Puntuaciones factoriales:

	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Carácuaro	2.19	-0.27	-0.92	0.11	0.41	0.25
Huetamo	-0.18	-1.74	-1.16	-0.37	0.18	0.45
Madero	2.27	0.34	-0.84	0.54	-0.19	0.11
Nocupétaro	3.74	0.55	-1.28	0.94	0.07	-0.23
San Lucas	0.63	-0.29	-1.28	-0.16	0.06	0.65
Tacámbaro	-0.95	-1.74	-0.42	-0.24	-0.47	-0.14
Turicato	2.92	-1.68	-0.45	0.17	0.41	-0.12

Contribuciones de las observaciones (%):

	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Carácuaro	1.25	0.07	0.94	0.02	0.42	0.92
Huetamo	0.01	2.75	1.49	0.29	0.08	2.94
Madero	1.34	0.11	0.78	0.63	0.10	0.17
Nocupétaro	3.63	0.27	1.81	1.89	0.01	0.78
San Lucas	0.10	0.08	1.83	0.05	0.01	6.00
Tacámbaro	0.24	2.75	0.19	0.12	0.55	0.29
Turicato	2.21	2.58	0.23	0.06	0.42	0.21

Cosenos cuadrados de las observaciones:

	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Carácuaro	0.805	0.012	0.142	0.002	0.028	0.011
Huetamo	0.007	0.634	0.282	0.028	0.007	0.043
Madero	0.816	0.018	0.111	0.047	0.006	0.002
Nocupétaro	0.830	0.018	0.096	0.052	0.000	0.003
San Lucas	0.152	0.033	0.641	0.010	0.001	0.163
Tacámbaro	0.206	0.687	0.040	0.013	0.050	0.005
Turicato	0.725	0.240	0.017	0.002	0.014	0.001

Los valores en negrita corresponden para cada observación al factor para el cual el coseno cuadrado es el mayor.

Anexo IV. Valor de la Producción agrícola de temporal anual de los siete municipios de la Región Tierra Caliente, período 2003-2015

CARÁCUARO

Año	Cultivo	Sup. Sembrada (has.)	Sup. Cosechada (has.)	Sup. Siniestrada (has.)	Prod. (ton)	Rend. (ton/ ha)	PMR (\$/ton)	Valor Prod. (miles de pesos)
2003	Maíz grano	5,500.0	5,500.0	0	9,625.0	1.75	1,800.0	17,325.0
	Sorgo forrajero verde	750.0	0.0	750	0.0	0	0.0	0.0
	Sorgo grano	750.0	750.0	0	2,250.0	3	1,400.0	3,150.0
	Chile verde	150.0	150.0	0	900.0	6	4,000.0	3,600.0
	Sandía	50.0	50.0	0	900.0	18	1,500.0	1,350.0
	Ajonjolí	20.0	20.0	0	9.0	0.45	8,000.0	72.0
	Arroz palay	10.0	0.0	10	0.0	0	0.0	0.0
	Cacahuate	10.0	10.0	0	12.0	1.2	5,000.0	60.0
	Total anual	7,240.0	6,480.0	760				25,557.0
2004	Maíz grano	5,350.0	5,350.0	0	11,984.0	2.24	1,800.0	21,571.2
	Sorgo grano	750.0	750.0	0	2,250.0	3	1,500.0	3,375.0
	Pastos	600.0	600.0	0	5,800.0	9.67	500.0	2,900.0
	Chile verde	150.0	150.0	0	375.0	2.5	7,000.0	2,625.0
	Sandía	50.0	50.0	0	1,000.0	20	3,000.0	3,000.0
	Frijol	30.0	30.0	0	20.2	0.67	9,000.0	181.8
	Cacahuate	30.0	30.0	0	18.0	0.6	3,000.0	54.0
	Ajonjolí	15.0	15.0	0	6.0	0.4	10,500.0	63.0
	Total anual	6,975.0	6,975.0					33,770.0
2005	Maíz grano	5,350.0	5,350.0	0	8,025.0	1.5	1,800.0	14,445.0
	Pastos	860.0	860.0	0	9,460.0	11	800.0	7,568.0
	Sorgo grano	820.0	820.0	0	2,460.0	3	1,300.0	3,198.0
	Sandía	43.0	43.0	0	860.0	20	3,000.0	2,580.0
	Chile verde	37.0	37.0	0	148.0	4	6,000.0	888.0
	Ajonjolí	15.0	15.0	0	6.0	0.4	10,000.0	60.0
	Cacahuate	10.0	10.0	0	8.0	0.8	3,000.0	24.0
		Total anual	7,135.0	7,135.0				
2006	Maíz grano	5,720.9	5,720.9	0	12,035.6	2.1	1,795.0	21,604.0
	Sorgo grano	846.6	846.6	0	3,027.6	3.58	1,500.0	4,541.4
	Pastos	550.0	550.0	0	7,502.0	13.64	300.0	2,250.6
	Chile verde	45.0	45.0	0	36.0	0.8	35,000.0	1,260.0
	Sandía	40.0	40.0	0	800.0	20	3,000.0	2,400.0
	Ajonjolí	22.0	22.0	0	19.8	0.9	7,500.0	148.5
	Cacahuate	10.0	10.0	0	10.0	1	2,996.0	30.0
		Total anual	7,234.5	7,234.5				
2007	Maíz grano	5,550.0	5,550.0	0	11,100.0	2	3,000.0	33,300.0

	Sorgo grano	800.0	800.0	0	1,600.0	2	3,000.0	4,800.0
	Pastos	400.0	400.0	0	8,000.0	20	500.0	4,000.0
	Chile verde	150.0	150.0	0	750.0	5	5,000.0	3,750.0
	Sandía	60.0	60.0	0	1,080.0	18	3,000.0	3,240.0
	Cacahuete	35.0	35.0	0	35.0	1	5,000.0	175.0
	Ajonjolí	25.0	25.0	0	20.0	0.8	14,000.0	280.0
	Total anual	7,020.0	7,020.0					49,545.0
2008	Maíz grano	6,800.0	6,797.0	3	10,000.0	1.47	3,000.0	30,000.0
	Sorgo grano	1,000.0	997.0	3	2,000.0	2.01	2,500.0	5,000.0
	Pastos	250.0	250.0	0	2,500.0	10	1,000.0	2,500.0
	Sandía	50.0	50.0	0	1,000.0	20	3,000.0	3,000.0
	Chile verde	46.0	46.0	0	414.0	9	13,000.0	5,382.0
	Ajonjolí	20.0	20.0	0	12.0	0.6	10,000.0	120.0
	Cacahuete	10.0	10.0	0	15.0	1.5	12,000.0	180.0
Total anual	8,176.0	8,170.0	6				46,182.0	
2009	Maíz grano	5,800.0	1,119.0	4,681.00	2,238.0	2	3,200.0	7,161.6
	Sorgo grano	800.0	503.0	297	1,006.0	2	3,500.0	3,521.0
	Pastos	300.0	300.0	0	3,000.0	10	800.0	2,400.0
	Sandía	50.0	50.0	0	1,000.0	20	3,000.0	3,000.0
	Chile verde	46.0	46.0	0	414.0	9	42,000.0	17,388.0
	Ajonjolí	20.0	20.0	0	18.0	0.9	14,000.0	252.0
	Cacahuete	10.0	10.0	0	10.0	1	6,000.0	60.0
Total anual	7,026.0	2,048.0	4,978.00				33,782.6	
2010	Maíz grano	6,850.0	6,850.0	0	13,193.1	1.93	3,000.0	39,579.3
	Sorgo grano	1,100.0	1,100.0	0	3,300.0	3	2,500.0	8,250.0
	Pastos	800.0	800.0	0	9,600.0	12	815.0	7,824.0
	Chile verde	60.0	60.0	0	180.0	3	25,000.0	4,500.0
	Sandía	52.0	52.0	0	1,300.0	25	2,997.0	3,896.1
	Ajonjolí	25.0	25.0	0	20.0	0.8	15,000.0	300.0
	Cacahuete	15.0	15.0	0	15.0	1	7,997.3	120.1
Total anual	8,902.0	8,902.0					64,469.5	
2011	Maíz grano	6,900.0	6,734.0	166	14,814.8	2.2	4,200.0	62,222.2
	Sorgo grano	1,150.0	1,150.0	0	3,450.0	3	3,500.0	12,075.0
	Pastos	1,100.0	1,100.0	0	13,200.0	12	500.0	6,600.0
	Chile verde	65.0	65.0	0	195.0	3	8,000.0	1,560.0
	Sandía	55.0	55.0	0	1,375.0	25	3,000.0	4,125.0
	Ajonjolí	30.0	30.0	0	21.0	0.7	14,000.0	294.0
	Cacahuete	20.0	20.0	0	20.0	1	15,000.0	300.0
Total anual	9,320.0	9,154.0	166				87,176.2	
2012	Maíz grano	5,800.0	5,800.0	0	14,500.0	2.5	3,000.0	43,500.0
	Pastos	1,700.0	1,700.0	0	20,196.0	11.88	600.0	12,117.6

	Sorgo grano	500.0	500.0	0	1,485.0	2.97	4,000.0	5,940.0
	Chile verde	90.0	90.0	0	264.6	2.94	12,000.0	3,175.2
	Sandía	55.0	55.0	0	1,400.9	25.47	3,046.5	4,267.7
	Ajonjolí	40.0	40.0	0	12.0	0.3	13,000.0	156.0
	Cacahuate	20.0	20.0	0	20.0	1	10,000.0	200.0
	Total anual	8,205.0	8,205.0					69,356.5
2013	Maíz grano	5,850.0	5,850.0	0	12,870.0	2.2	4,000.0	51,480.0
	Pastos	1,750.0	1,750.0	0	21,000.0	12	900.0	18,900.0
	Sorgo grano	560.0	560.0	0	1,680.0	3	3,228.6	5,424.0
	Chile verde	100.0	100.0	0	300.0	3	16,000.0	4,800.0
	Sandía	58.0	58.0	0	1,450.0	25	4,000.0	5,800.0
	Ajonjolí	40.0	40.0	0	12.0	0.3	15,000.0	180.0
	Cacahuate	25.0	25.0	0	25.0	1	16,000.0	400.0
	Total anual	8,383.0	8,383.0					86,984.0
2014	Maíz grano	5,950.0	4,109.0	1,841.00	10,672.4	2.6	2,797.4	29,855.2
	Pastos	1,900.0	1,900.0	0	22,990.0	12.1	800.0	18,392.0
	Sorgo grano	450.0	450.0	0	1,305.0	2.9	2,200.0	2,871.0
	Chile verde	80.0	80.0	0	248.0	3.1	14,000.0	3,472.0
	Ajonjolí	45.0	45.0	0	31.5	0.7	18,000.0	567.0
	Sandía	35.0	35.0	0	882.0	25.2	4,300.0	3,792.6
	Cacahuate	27.0	27.0	0	29.7	1.1	14,336.7	425.8
	Total anual	8,487.0	6,646.0	1,841.00				59,375.6
2015	Maíz grano	5,865.0	2,479.0	3,386.00	5,027.0	2.03	3,000.0	15,081.0
	Pastos	2,000.0	2,000.0	0	26,000.0	13	850.0	22,100.0
	Sorgo grano	500.0	281.0	219	702.5	2.5	2,500.0	1,756.3
	Chile verde	82.0	82.0	0	262.4	3.2	15,000.0	3,936.0
	Ajonjolí	42.0	42.0	0	27.3	0.65	17,800.0	485.9
	Sandía	37.0	37.0	0	962.0	26	4,689.2	4,511.0
	Cacahuate	35.0	35.0	0	42.0	1.2	19,000.0	798.0
	Total anual	8,561.0	4,956.0	3,605.00				48,668.2
Total 2003-2015		102,664.5	91,308.5	11,356.00				665,864.0

HUETAMO

Año	Cultivo	Sup. Sembrada (has.)	Sup. Cosechada (has.)	Sup. Siniestrada (has.)	Prod. (ton)	Rend. (ton/ ha)	PMR (\$/ton)	Valor Prod. (miles de pesos)
2003	Sorgo forrajero verde	7,110.0	7,110.0	0	138,645.0	19.5	850.0	117,848.3
	Maíz grano	6,856.0	6,719.0	137	11,700.0	1.74	1,800.0	21,060.0
	Sorgo grano	620.0	620.0	0	2,604.0	4.2	1,300.0	3,385.2
	Ajonjolí	250.0	250.0	0	150.0	0.6	8,000.0	1,200.0
	Cacahuate	40.0	40.0	0	40.0	1	5,000.0	200.0

	Sandía	20.0	20.0	0	380.0	19	1,500.0	570.0
	Pastos	12.0	12.0	0	78.0	6.5	150.0	11.7
	Tomate rojo (Jitomate)	6.0	6.0	0	60.0	10	4,000.0	240.0
	Frijol	5.0	5.0	0	5.5	1.1	9,000.0	49.5
	Total anual	14,919.0	14,782.0	137				144,564.7
2004	Sorgo forrajero verde	6,307.0	6,307.0	0	113,526.0	18	800.0	90,820.8
	Maíz grano	5,940.0	5,940.0	0	9,504.0	1.6	2,000.0	19,008.0
	Ajonjolí	350.0	350.0	0	175.0	0.5	10,000.0	1,750.0
	Sorgo grano	230.0	230.0	0	690.0	3	1,500.0	1,035.0
	Pastos	200.0	200.0	0	2,000.0	10	350.0	700.0
	Cacahuete	50.0	50.0	0	80.0	1.6	2,500.0	200.0
	Sandía	40.0	40.0	0	1,000.0	25	2,500.0	2,500.0
	Tomate rojo (Jitomate)	14.0	14.0	0	98.0	7	8,000.0	784.0
	Frijol	4.0	4.0	0	7.2	1.8	8,000.0	57.6
	Chile verde	3.0	3.0	0	6.0	2	5,000.0	30.0
	Jícama	1.0	1.0	0	6.5	6.5	800.0	5.2
	Jamaica	1.0	1.0	0	0.4	0.35	8,000.0	2.8
	Total anual	13,140.0	13,140.0					116,893.4
2005	Sorgo forrajero verde	6,420.0	5,820.0	600	104,760.0	18	800.0	83,808.0
	Maíz grano	5,420.0	5,420.0	0	10,840.0	2	1,800.0	19,512.0
	Ajonjolí	320.0	220.0	100	132.0	0.6	10,000.0	1,320.0
	Sorgo grano	290.0	90.0	200	360.0	4	1,400.0	504.0
	Pastos	280.0	280.0	0	3,360.0	12	800.0	2,688.0
	Cacahuete	55.0	55.0	0	137.5	2.5	2,000.0	275.0
	Sandía	30.0	30.0	0	1,050.0	35	3,000.0	3,150.0
	Tomate rojo (Jitomate)	12.0	12.0	0	144.0	12	10,000.0	1,440.0
	Frijol	12.0	12.0	0	21.6	1.8	12,000.0	259.2
	Chile verde	5.0	5.0	0	12.5	2.5	6,000.0	75.0
	Tomate verde	5.0	5.0	0	90.0	18	8,000.0	720.0
	Jamaica	1.0	1.0	0	0.4	0.4	6,000.0	2.4
	Total anual	12,850.0	11,950.0	900				113,753.6
2006	Sorgo forrajero verde	4,200.0	4,200.0	0	126,000.0	30	150.0	18,900.0
	Maíz grano	3,476.6	3,476.6	0	6,582.6	1.89	1,800.0	11,848.6
	Pastos	600.0	600.0	0	9,000.0	15	300.0	2,700.0
	Sorgo grano	329.2	329.2	0	1,569.9	4.77	1,400.0	2,197.8
	Ajonjolí	295.0	295.0	0	132.0	0.45	12,000.0	1,584.0
	Cacahuete	45.0	45.0	0	54.0	1.2	7,000.0	378.0
	Sandía	30.0	30.0	0	1,050.0	35	3,500.0	3,675.0
	Tomate rojo (Jitomate)	5.0	5.0	0	30.0	6	7,000.0	210.0
	Frijol	4.0	4.0	0	3.2	0.8	12,000.0	38.4
	Chile verde	3.0	3.0	0	1.8	0.6	25,000.0	45.0

	Total anual	8,987.8	8,987.8					41,576.8
2007	Sorgo forrajero verde	3,800.0	3,800.0	0	95,000.0	25	600.0	57,000.0
	Maíz grano	3,500.0	3,500.0	0	6,300.0	1.8	3,000.0	18,900.0
	Pastos	800.0	800.0	0	12,000.0	15	700.0	8,400.0
	Sorgo grano	600.0	600.0	0	1,200.0	2	2,000.0	2,400.0
	Ajonjolí	450.0	450.0	0	270.0	0.6	10,000.0	2,700.0
	Cacahuete	70.0	70.0	0	84.0	1.2	4,000.0	336.0
	Sandía	35.0	35.0	0	1,225.0	35	3,000.0	3,675.0
	Tomate rojo (Jitomate)	7.0	7.0	0	35.0	5	3,000.0	105.0
	Frijol	4.0	4.0	0	4.8	1.2	8,000.0	38.4
	Total anual	9,266.0	9,266.0					93,554.4
2008	Sorgo forrajero verde	4,600.0	4,600.0	0	92,000.0	20	600.0	55,200.0
	Maíz grano	3,500.0	3,500.0	0	3,960.0	1.13	3,000.0	11,880.0
	Pastos	1,300.0	1,300.0	0	16,900.0	13	1,000.0	16,900.0
	Sorgo grano	700.0	700.0	0	2,000.0	2.86	2,025.0	4,050.0
	Ajonjolí	600.0	600.0	0	240.0	0.4	12,000.0	2,880.0
	Cacahuete	225.0	225.0	0	270.0	1.2	12,000.0	3,240.0
	Sandía	50.0	50.0	0	1,250.0	25	2,500.0	3,125.0
	Frijol	10.0	10.0	0	10.0	1	12,000.0	120.0
	Tomate rojo (Jitomate)	5.0	5.0	0	40.0	8	7,000.0	280.0
	Chile verde	4.0	4.0	0	32.0	8	25,000.0	800.0
	Total anual	10,994.0	10,994.0					98,475.0
2009	Sorgo forrajero verde	6,950.0	1,239.0	5,711.00	6,195.0	5	950.0	5,885.3
	Maíz grano	6,200.0	262.0	5,938.00	786.0	3	3,000.0	2,358.0
	Pastos	2,000.0	1,886.0	114	13,202.0	7	500.0	6,601.0
	Sorgo grano	1,250.0	1,250.0	0	5,000.0	4	2,200.0	11,000.0
	Ajonjolí	600.0	0.0	600	0.0	0	0.0	0.0
	Cacahuete	110.0	110.0	0	110.0	1	16,000.0	1,760.0
	Sandía	65.0	65.0	0	1,300.0	20	1,500.0	1,950.0
	Chile verde	22.0	22.0	0	17.6	0.8	25,000.0	440.0
	Tomate rojo (Jitomate)	12.0	12.0	0	84.0	7	8,000.0	672.0
	Frijol	5.0	5.0	0	2.5	0.5	7,000.0	17.5
	Total anual	17,214.0	4,851.0	12,363.00				30,683.8
2010	Sorgo forrajero verde	7,000.0	7,000.0	0	91,000.0	13	1,000.0	91,000.0
	Maíz grano	6,200.0	5,622.0	577.96	12,031.2	2.14	3,027.0	36,418.3
	Pastos	2,400.0	2,400.0	0	36,000.0	15	510.0	18,360.0
	Sorgo grano	1,500.0	150.0	1,350.00	600.6	4	2,400.0	1,441.4
	Ajonjolí	350.0	155.2	194.8	93.1	0.6	15,000.0	1,396.8
	Cacahuete	92.0	92.0	0	91.5	1	9,000.0	823.9
	Sandía	50.0	50.0	0	1,750.0	35	3,000.0	5,250.0
	Tomate rojo (Jitomate)	15.0	15.0	0	104.7	6.98	5,999.7	628.1

	Chile verde	10.0	10.0	0	20.0	2	24,900.0	498.0
	Frijol	3.0	3.0	0	3.0	1	8,000.0	24.0
	Total anual	17,620.0	15,497.2	2,122.76				155,840.6
2011	Maíz grano	6,500.0	1,139.0	5,361.00	2,391.9	2.1	5,600.0	13,394.6
	Sorgo forrajero verde	6,000.0	2,169.6	3,830.41	32,543.9	15	780.0	25,384.2
	Pastos	2,000.0	2,000.0	0	30,000.0	15	1,000.0	30,000.0
	Sorgo grano	1,600.0	1,600.0	0	6,400.0	4	4,000.0	25,600.0
	Ajonjolí	300.0	0.0	300	0.0	0	0.0	0.0
	Sandía	40.0	40.0	0	1,400.0	35	3,500.0	4,900.0
	Tomate rojo (Jitomate)	17.0	17.0	0	119.0	7	5,000.0	595.0
	Chile verde	15.0	15.0	0	30.0	2	5,000.0	150.0
	Frijol	5.0	5.0	0	5.0	1	13,000.0	65.0
		Total anual	16,477.0	6,985.6	9,491.41			
2012	Maíz grano	7,200.0	7,200.0	0	14,400.0	2	3,000.0	43,200.0
	Sorgo forrajero verde	5,400.0	5,400.0	0	54,000.0	10	619.0	33,426.0
	Sorgo grano	2,100.0	2,100.0	0	6,300.0	3	4,102.1	25,842.9
	Pastos	1,800.0	1,800.0	0	27,234.0	15.13	750.0	20,425.5
	Ajonjolí	750.0	750.0	0	600.0	0.8	12,000.0	7,200.0
	Cacahuete	95.0	95.0	0	114.0	1.2	11,000.0	1,254.0
	Sandía	50.0	50.0	0	1,731.5	34.63	4,000.0	6,926.0
	Chile verde	22.0	22.0	0	55.0	2.5	3,500.0	192.5
	Tomate rojo (Jitomate)	15.0	15.0	0	104.1	6.94	6,200.0	645.4
	Frijol	5.0	5.0	0	5.0	1	14,000.0	70.0
	Total anual	17,437.0	17,437.0					139,182.3
2013	Maíz grano	7,250.0	4,545.0	2,705.00	9,090.0	2	3,500.0	31,815.0
	Sorgo forrajero verde	5,500.0	5,500.0	0	55,000.0	10	800.0	44,000.0
	Sorgo grano	2,200.0	706.0	1,494.00	2,824.0	4	3,023.1	8,537.2
	Pastos	1,820.0	1,820.0	0	21,840.0	12	800.0	17,472.0
	Ajonjolí	800.0	800.0	0	300.0	0.38	16,000.0	4,800.0
	Cacahuete	105.0	105.0	0	126.0	1.2	15,000.0	1,890.0
	Sandía	55.0	55.0	0	1,925.0	35	4,100.0	7,892.5
	Chile verde	23.0	23.0	0	42.0	1.83	6,000.0	252.0
	Tomate rojo (Jitomate)	12.0	11.0	1	77.0	7	8,000.0	616.0
	Frijol	3.0	3.0	0	3.0	1	12,000.0	36.0
	Total anual	17,768.0	13,568.0	4,200.00				117,310.7
2014	Maíz grano	7,500.0	7,012.5	487.5	14,711.3	2.1	3,195.9	47,016.0
	Sorgo forrajero verde	5,000.0	5,000.0	0	50,500.0	10.1	835.0	42,167.5
	Sorgo grano	2,500.0	2,003.0	497	7,811.7	3.9	2,600.0	20,310.4
	Pastos	1,700.0	1,700.0	0	24,650.0	14.5	720.0	17,748.0
	Ajonjolí	1,000.0	553.5	446.5	415.1	0.75	17,500.0	7,264.8
	Cacahuete	115.0	115.0	0	126.5	1.1	12,782.6	1,617.0

	Sandía	53.0	53.0	0	1,740.0	32.83	4,180.0	7,273.2
	Chile verde	20.0	20.0	0	46.0	2.3	9,158.0	421.3
	Tomate rojo (Jitomate)	10.0	10.0	0	73.0	7.3	7,500.0	547.5
	Frijol	5.0	5.0	0	5.5	1.1	11,500.0	63.3
	Total anual	17,903.0	16,472.0	1,431.00				144,428.9
2015	Maíz grano	7,060.0	4,262.0	2,798.00	5,725.6	1.34	4,000.0	22,902.5
	Sorgo forrajero verde	5,300.0	5,300.0	0	58,300.0	11	900.0	52,470.0
	Sorgo grano	2,650.0	1,011.0	1,639.00	2,527.5	2.5	2,500.0	6,318.8
	Pastos	2,000.0	2,000.0	0	32,000.0	16	750.0	24,000.0
	Ajonjolí	1,800.0	1,108.5	691.5	665.1	0.6	17,000.0	11,306.7
	Cacahuete	125.0	125.0	0	167.5	1.34	16,500.0	2,763.8
	Sandía	56.0	56.0	0	2,016.0	36	5,145.5	10,373.2
	Chile verde	18.0	18.0	0	46.8	2.6	12,500.0	585.0
	Tomate rojo (Jitomate)	7.0	7.0	0	56.0	8	5,100.0	285.6
	Frijol	6.0	6.0	0	7.2	1.2	12,100.0	87.1
	Total anual	19,022.0	13,893.5	5,128.50				131,092.6
Total 2003-2015		193,597.8	157,824.1	35,773.67				1,427,445.6

MADERO

Año	Cultivo	Sup. Sembrada (has.)	Sup. Cosechada (has.)	Sup. Siniestrada (has.)	Prod. (ton)	Rend. (ton/ ha)	PMR (\$/ton)	Valor Prod. de (miles pesos)
2003	Maíz grano	8,603.4	8,603.4	0	17,217.0	2	1,300.0	22,382.1
	Avena forrajera	291.9	291.9	0	8,815.5	30.21	229.8	2,026.0
	Ebo (Janamargo o Veza)	30.0	30.0	0	168.4	5.61	500.0	84.2
	Frijol	19.0	19.0	0	20.7	1.09	8,000.0	165.8
	Sorgo grano	11.5	11.5	0	34.4	3	1,300.0	44.7
	Trigo grano	10.0	10.0	0	13.0	1.3	1,500.0	19.5
	Garbanzo forrajero	2.0	2.0	0	14.0	7	1,800.0	25.2
		Total anual	8,967.8	8,967.8				
2004	Maíz grano	8,604.0	8,604.0	0	17,208.0	2	1,500.0	25,812.0
	Avena forrajera	150.0	150.0	0	7,500.0	50	200.0	1,500.0
	Ebo (Janamargo o Veza)	100.0	50.0	50	250.0	5	700.0	175.0
	Trigo grano	60.0	60.0	0	60.0	1	1,500.0	90.0
	Garbanzo forrajero	50.0	50.0	0	300.0	6	1,800.0	540.0
	Sorgo grano	12.0	12.0	0	36.0	3	1,300.0	46.8
		Total anual	8,976.0	8,926.0	50			
2005	Maíz grano	8,900.0	8,900.0	0	17,800.0	2	1,400.0	24,920.0
	Avena forrajera	150.0	150.0	0	1,200.0	8	600.0	720.0
	Ebo (Janamargo o Veza)	80.0	80.0	0	480.0	6	600.0	288.0
	Sorgo grano	22.0	22.0	0	66.0	3	1,350.0	89.1

	Garbanzo forrajero	10.0	10.0	0	70.0	7	600.0	42.0
	Total anual	9,162.0	9,162.0					26,059.1
2006	Maíz grano	7,085.1	7,085.1	0	14,905.7	2.1	2,736.9	40,795.2
	Avena forrajera	165.0	165.0	0	1,155.0	7	500.0	577.5
	Ebo (Janamargo o Veza)	85.0	85.0	0	595.0	7	1,200.0	714.0
	Garbanzo forrajero	35.0	35.0	0	280.0	8	1,400.0	392.0
	Sorgo grano	20.7	20.7	0	98.7	4.77	1,972.7	194.7
	Total anual	7,390.8	7,390.8					42,673.4
2007	Maíz grano	8,120.0	8,120.0	0	18,676.0	2.3	2,260.0	42,207.8
	Avena forrajera	145.0	145.0	0	1,450.0	10	600.0	870.0
	Ebo (Janamargo o Veza)	85.0	85.0	0	595.0	7	1,050.0	624.8
	Sorgo grano	26.0	26.0	0	78.0	3	2,040.0	159.1
	Garbanzo forrajero	20.0	20.0	0	100.0	5	1,000.0	100.0
	Total anual	8,396.0	8,396.0					43,961.6
2008	Maíz grano	8,250.0	8,250.0	0	24,750.0	3	2,740.0	67,815.0
	Avena forrajera	160.0	160.0	0	2,080.0	13	930.0	1,934.4
	Ebo (Janamargo o Veza)	83.0	83.0	0	589.3	7.1	1,050.0	618.8
	Garbanzo forrajero	35.0	35.0	0	87.5	2.5	650.0	56.9
	Sorgo grano	25.0	25.0	0	75.0	3	2,500.0	187.5
	Total anual	8,553.0	8,553.0					70,612.5
2009	Maíz grano	8,250.0	8,250.0	0	20,625.0	2.5	2,700.0	55,687.5
	Avena forrajera	160.0	160.0	0	2,080.0	13	1,050.0	2,184.0
	Ebo (Janamargo o Veza)	83.0	83.0	0	747.0	9	1,000.0	747.0
	Garbanzo forrajero	35.0	35.0	0	70.0	2	700.0	49.0
	Sorgo grano	25.0	25.0	0	62.5	2.5	2,600.0	162.5
	Total anual	8,553.0	8,553.0					58,830.0
2010	Maíz grano	8,320.0	8,320.0	0	22,367.3	2.69	2,800.0	62,628.4
	Avena forrajera	172.0	172.0	0	2,215.9	12.88	1,120.0	2,481.8
	Ebo (Janamargo o Veza)	79.0	79.0	0	553.0	7	990.0	547.5
	Garbanzo forrajero	36.0	36.0	0	72.3	2.01	694.4	50.2
	Sorgo grano	30.0	30.0	0	90.0	3	2,620.8	235.9
	Total anual	8,637.0	8,637.0					65,943.7
2011	Maíz grano	8,360.0	8,360.0	0	16,720.0	2	4,800.0	80,256.0
	Avena forrajera	145.0	145.0	0	1,450.0	10	890.0	1,290.5
	Ebo (Janamargo o Veza)	85.0	85.0	0	680.0	8	1,050.0	714.0
	Trigo grano	48.0	48.0	0	67.2	1.4	3,300.0	221.8
	Garbanzo forrajero	40.0	40.0	0	80.0	2	780.0	62.4
	Sorgo grano	28.0	28.0	0	56.0	2	3,800.0	212.8
	Total anual	8,706.0	8,706.0					82,757.5

2012	Maíz grano	8,398.0	8,398.0	0	27,713.4	3.3	4,000.0	110,853.6
	Avena forrajera	165.0	165.0	0	1,947.0	11.8	970.0	1,888.6
	Ebo (Janamargo o Veza)	85.0	85.0	0	595.0	7	1,067.7	635.3
	Trigo grano	46.3	46.3	0	69.5	1.5	3,800.0	263.9
	Garbanzo forrajero	40.0	40.0	0	79.2	1.98	930.0	73.7
	Frijol	35.0	35.0	0	38.5	1.1	9,000.0	346.5
	Sorgo grano	22.0	22.0	0	77.0	3.5	3,600.0	277.2
	Total anual	8,791.3	8,791.3					114,338.8
2013	Maíz grano	8,491.0	8,421.6	69.37	31,500.0	3.74	2,690.2	84,740.0
	Avena forrajera	172.0	172.0	0	2,752.0	16	640.0	1,761.3
	Ebo (Janamargo o Veza)	75.0	75.0	0	450.0	6	950.0	427.5
	Trigo grano	53.0	53.0	0	53.0	1	3,850.0	204.1
	Garbanzo forrajero	45.0	45.0	0	36.0	0.8	900.0	32.4
	Sorgo grano	23.0	23.0	0	149.5	6.5	2,730.4	408.2
	Total anual	8,859.0	8,789.6	69.37				87,573.5
2014	Maíz grano	8,360.0	8,360.0	0	26,752.0	3.2	2,677.8	71,635.2
	Avena forrajera	167.0	167.0	0	2,004.0	12	700.0	1,402.8
	Ebo (Janamargo o Veza)	72.0	72.0	0	403.2	5.6	1,000.0	403.2
	Trigo grano	64.0	64.0	0	163.0	2.55	2,931.0	477.8
	Garbanzo forrajero	37.0	37.0	0	74.0	2	944.4	69.9
	Total anual	8,700.0	8,700.0					73,988.8
2015	Maíz grano	8,290.0	8,290.0	0	23,212.0	2.8	3,436.2	79,760.8
	Avena forrajera	140.0	140.0	0	1,890.0	13.5	750.0	1,417.5
	Ebo (Janamargo o Veza)	30.0	30.0	0	225.0	7.5	900.0	202.5
	Sorgo grano	26.0	26.0	0	75.4	2.9	3,700.0	279.0
	Garbanzo forrajero	20.0	20.0	0	44.0	2.2	880.0	38.7
	Total anual	8,506.0	8,506.0					81,698.5
Total 2003-2015		112,197.9	112,078.5	119.37				801,348.6

NOCUPÉTARO

Año	Cultivo	Sup. Sembrada (has.)	Sup. Cosechada (has.)	Sup. Siniestrada (has.)	Prod. (ton)	Rend. (ton/ ha)	PMR (\$/ton)	Valor Prod. de (miles pesos)
2003	Maíz grano	4,000.0	4,000.0	0	7,200.0	1.8	1,800.0	12,960.0
	Sorgo grano	200.0	200.0	0	640.0	3.2	1,800.0	1,152.0
	Cacahuete	50.0	50.0	0	75.0	1.5	5,000.0	375.0
	Sorgo forrajero verde	50.0	50.0	0	1,200.0	24	800.0	960.0
	Frijol	40.0	40.0	0	50.0	1.25	9,000.0	450.0
	Sandía	6.0	6.0	0	120.0	20	1,500.0	180.0
	Total anual	4,346.0	4,346.0					16,077.0
2004	Maíz grano	4,100.0	4,100.0	0	8,200.0	2	1,800.0	14,760.0

	Sorgo grano	180.0	180.0	0	540.0	3	1,500.0	810.0
	Cacahuete	85.0	85.0	0	200.0	2.35	4,500.0	900.0
	Frijol	70.0	70.0	0	140.0	2	10,000.0	1,400.0
	Sorgo forrajero verde	30.0	30.0	0	750.0	25	800.0	600.0
	Sandía	5.0	5.0	0	90.0	18	3,000.0	270.0
	Total anual	4,470.0	4,470.0					18,740.0
2005	Maíz grano	4,000.0	4,000.0	0	6,000.0	1.5	2,000.0	12,000.0
	Sorgo forrajero verde	200.0	200.0	0	3,000.0	15	600.0	1,800.0
	Sorgo grano	200.0	200.0	0	400.0	2	1,350.0	540.0
	Cacahuete	85.0	85.0	0	120.0	1.41	7,000.0	840.0
	Frijol	40.0	40.0	0	80.0	2	12,000.0	960.0
	Sandía	6.0	6.0	0	96.0	16	3,000.0	288.0
	Total anual	4,531.0	4,531.0					
2006	Maíz grano	3,564.6	3,564.6	0	7,499.1	2.1	3,000.0	22,497.4
	Sorgo grano	235.2	235.2	0	560.7	2.38	2,800.0	1,569.9
	Sorgo forrajero verde	150.0	150.0	0	2,250.0	15	150.0	337.5
	Cacahuete	80.0	80.0	0	160.0	2	7,000.0	1,120.0
	Frijol	50.0	50.0	0	100.0	2	15,000.0	1,500.0
	Sandía	8.0	8.0	0	128.0	16	3,000.0	384.0
	Total anual	4,087.7	4,087.7					
2007	Maíz grano	3,000.0	3,000.0	0	6,000.0	2	3,000.0	18,000.0
	Sorgo grano	160.0	160.0	0	320.0	2	3,000.0	960.0
	Sorgo forrajero verde	100.0	100.0	0	2,500.0	25	500.0	1,250.0
	Frijol	80.0	80.0	0	40.0	0.5	12,000.0	480.0
	Cacahuete	70.0	70.0	0	105.0	1.5	5,000.0	525.0
	Sandía	10.0	10.0	0	180.0	18	3,000.0	540.0
	Total anual	3,420.0	3,420.0					
2008	Maíz grano	4,700.0	4,700.0	0	8,600.0	1.83	4,300.0	36,980.0
	Sorgo grano	300.0	300.0	0	750.0	2.5	3,000.0	2,250.0
	Sorgo forrajero verde	250.0	250.0	0	2,600.0	10.4	800.0	2,080.0
	Pastos	250.0	250.0	0	5,000.0	20	1,000.0	5,000.0
	Cacahuete	110.0	110.0	0	150.0	1.36	12,000.0	1,800.0
	Frijol	15.0	15.0	0	22.5	1.5	12,000.0	270.0
	Total anual	5,625.0	5,625.0					
2009	Maíz grano	4,500.0	3,131.0	1,369.00	6,262.0	2	3,500.0	21,917.0
	Pastos	450.0	450.0	0	9,000.0	20	1,000.0	9,000.0
	Sorgo forrajero verde	200.0	192.0	8	2,496.0	13	500.0	1,248.0
	Sorgo grano	200.0	189.0	11	378.0	2	3,000.0	1,134.0
	Cacahuete	100.0	100.0	0	200.0	2	6,000.0	1,200.0
	Frijol	80.0	7.0	73	17.5	2.5	15,000.0	262.5
	Total anual	5,530.0	4,069.0	1,461.00				

2010	Maíz grano	4,800.0	4,800.0	0	10,343.9	2.16	3,800.0	39,306.8
	Pastos	600.0	600.0	0	7,800.0	13	945.0	7,371.0
	Sorgo grano	355.0	355.0	0	1,065.0	3	2,500.0	2,662.5
	Sorgo forrajero verde	350.0	0.0	350	0.0	0	0.0	0.0
	Cacahuate	135.0	135.0	0	135.0	1	7,500.0	1,012.5
	Sandía	15.0	15.0	0	180.0	12	4,000.0	720.0
	Frijol	10.0	10.0	0	10.0	1	8,200.0	82.0
	Total anual	6,265.0	5,915.0	350				51,154.8
2011	Maíz grano	4,900.0	4,900.0	0	10,290.0	2.1	5,870.0	60,402.3
	Pastos	800.0	800.0	0	10,400.0	13	850.0	8,840.0
	Sorgo forrajero verde	410.0	410.0	0	4,510.0	11	940.0	4,239.4
	Sorgo grano	390.0	390.0	0	1,170.0	3	3,500.0	4,095.0
	Cacahuate	150.0	150.0	0	195.0	1.3	14,000.0	2,730.0
	Frijol	12.0	12.0	0	12.0	1	14,000.0	168.0
	Total anual	6,662.0	6,662.0					80,474.7
2012	Maíz grano	4,100.0	4,100.0	0	8,200.0	2	3,000.0	24,600.0
	Pastos	1,000.0	1,000.0	0	13,180.0	13.18	662.5	8,731.8
	Sorgo grano	450.0	450.0	0	1,327.5	2.95	4,000.0	5,310.0
	Sorgo forrajero verde	350.0	350.0	0	3,773.0	10.78	619.0	2,335.5
	Cacahuate	140.0	140.0	0	183.4	1.31	15,857.1	2,908.2
	Frijol	15.0	15.0	0	15.0	1	18,000.0	270.0
	Total anual	6,055.0	6,055.0					44,155.4
2013	Maíz grano	4,200.0	4,200.0	0	8,820.0	2.1	4,000.0	35,280.0
	Pastos	1,000.0	1,000.0	0	13,000.0	13	780.0	10,140.0
	Sorgo grano	500.0	500.0	0	1,500.0	3	3,250.0	4,875.0
	Sorgo forrajero verde	380.0	380.0	0	4,180.0	11	800.0	3,344.0
	Cacahuate	140.0	140.0	0	182.0	1.3	16,000.0	2,912.0
	Frijol	18.0	18.0	0	18.0	1	13,777.8	248.0
	Total anual	6,238.0	6,238.0					56,799.0
2014	Maíz grano	4,500.0	2,904.0	1,596.00	6,649.2	2.29	2,894.0	19,242.7
	Pastos	1,100.0	1,100.0	0	14,190.0	12.9	750.0	10,642.5
	Sorgo grano	600.0	600.0	0	1,740.0	2.9	2,300.0	4,002.0
	Sorgo forrajero verde	400.0	400.0	0	4,360.0	10.9	910.0	3,967.6
	Cacahuate	160.0	160.0	0	240.0	1.5	15,083.3	3,620.0
	Frijol	22.0	22.0	0	24.2	1.1	11,000.0	266.2
	Total anual	6,782.0	5,186.0	1,596.00				41,741.0
2015	Maíz grano	4,455.0	1,606.0	2,849.00	3,082.9	1.92	3,000.0	9,248.7
	Pastos	1,250.0	1,250.0	0	17,500.0	14	950.0	16,625.0
	Sorgo grano	550.0	550.0	0	1,760.0	3.2	3,000.0	5,280.0
	Sorgo forrajero verde	405.0	405.0	0	4,860.0	12	850.0	4,131.0
	Cacahuate	175.0	175.0	0	245.0	1.4	17,285.7	4,235.0

	Frijol	25.0	25.0	0	30.0	1.2	12,100.0	363.0
	Sandía	7.0	7.0	0	175.0	25	4,285.7	750.0
	Total anual	6,867.0	4,018.0	2,849.00				40,632.7
Total 2003-2015		70,878.7	64,622.7	6,256.00				498,507.9

SAN LUCAS

Año	Cultivo	Sup. Sembrada (has.)	Sup. Cosechada (has.)	Sup. Siniestrada (has.)	Prod. (ton)	Rend. (ton/ ha)	PMR (\$/ton)	Valor Prod. (miles de pesos)
2003	Maíz grano	3,415.0	3,415.0	0	6,830.0	2	1,800.0	12,294.0
	Sorgo forrajero verde	1,800.0	1,800.0	0	35,100.0	19.5	800.0	28,080.0
	Sorgo grano	800.0	800.0	0	2,800.0	3.5	1,500.0	4,200.0
	Pastos	126.0	63.0	63	945.0	15	150.0	141.8
	Arroz palay	30.0	30.0	0	120.0	4	1,700.0	204.0
	Ajonjolí	30.0	30.0	0	18.0	0.6	8,000.0	144.0
	Sandía	25.0	25.0	0	450.0	18	1,500.0	675.0
	Tomate rojo (Jitomate)	8.0	8.0	0	96.0	12	5,000.0	480.0
	Jícama	5.0	5.0	0	60.0	12	2,000.0	120.0
	Pepino	3.5	3.5	0	45.5	13	1,500.0	68.3
	Calabaza (semilla) o Chihua	3.0	3.0	0	1.8	0.6	15,000.0	27.0
	Camote	1.0	1.0	0	15.0	15	5,000.0	75.0
	Chile verde	1.0	1.0	0	1.5	1.5	9,000.0	13.5
	Total anual	6,247.5	6,184.5	63				46,522.5
2004	Maíz grano	3,550.0	3,550.0	0	10,650.0	3	1,800.0	19,170.0
	Sorgo grano	2,750.0	2,750.0	0	11,000.0	4	1,500.0	16,500.0
	Ajonjolí	30.0	30.0	0	18.0	0.6	8,000.0	144.0
	Sandía	25.0	25.0	0	500.0	20	2,500.0	1,250.0
	Pastos	21.0	21.0	0	250.0	11.9	350.0	87.5
	Jícama	5.0	5.0	0	60.0	12	2,500.0	150.0
	Tomate rojo (Jitomate)	3.0	3.0	0	30.0	10	4,000.0	120.0
	Calabaza (semilla) o Chihua	2.0	2.0	0	1.2	0.6	15,000.0	18.0
		Total anual	6,386.0	6,386.0				
2005	Maíz grano	3,560.0	2,010.0	1,550.00	6,030.0	3	1,800.0	10,854.0
	Sorgo grano	2,780.0	1,630.0	1,150.00	6,520.0	4	1,500.0	9,780.0
	Pastos	364.0	364.0	0	5,460.0	15	800.0	4,368.0
	Arroz palay	95.0	95.0	0	380.0	4	1,000.0	380.0
	Ajonjolí	30.0	30.0	0	18.0	0.6	10,000.0	180.0
	Sandía	25.0	25.0	0	500.0	20	3,000.0	1,500.0
	Jícama	5.0	5.0	0	60.0	12	5,000.0	300.0
	Tomate rojo (Jitomate)	3.0	3.0	0	30.0	10	8,000.0	240.0
	Tomate verde	3.0	3.0	0	30.0	10	8,000.0	240.0
	Calabaza (semilla) o	2.0	2.0	0	1.2	0.6	15,000.0	18.0

	Chihuahua							
	Total anual	6,867.0	4,167.0	2,700.00				27,860.0
2006	Maíz grano	3,168.5	3,168.5	0	9,998.8	3.16	2,200.0	21,997.5
	Sorgo grano	2,681.0	2,681.0	0	12,783.1	4.77	2,500.0	31,957.8
	Pastos	370.0	370.0	0	5,550.0	15	150.0	832.5
	Arroz palay	120.0	120.0	0	600.0	5	2,500.0	1,500.0
	Ajonjolí	30.0	30.0	0	18.0	0.6	13,000.0	234.0
	Sandía	25.0	25.0	0	100.0	4	3,500.0	350.0
	Jícama	7.0	7.0	0	84.0	12	3,500.0	294.0
	Tomate rojo (Jitomate)	3.0	3.0	0	27.0	9	5,000.0	135.0
	Jamaica	1.0	1.0	0	1.5	1.5	90,000.0	135.0
	Total anual	6,405.5	6,405.5					57,435.7
2007	Maíz grano	3,800.0	3,600.0	200	10,800.0	3	2,300.0	24,840.0
	Sorgo grano	3,000.0	2,950.0	50	11,800.0	4	2,800.0	33,040.0
	Pastos	250.0	240.0	10	3,600.0	15	650.0	2,340.0
	Ajonjolí	25.0	5.0	20	3.0	0.6	13,000.0	39.0
	Sandía	20.0	20.0	0	80.0	4	2,500.0	200.0
	Tomate rojo (Jitomate)	15.0	15.0	0	135.0	9	7,000.0	945.0
	Jícama	10.0	7.0	3	84.0	12	5,000.0	420.0
	Total anual	7,120.0	6,837.0	283				61,824.0
2008	Maíz grano	3,750.0	3,680.0	70	7,500.0	2.04	3,000.0	22,500.0
	Pastos	3,200.0	3,200.0	0	48,000.0	15	800.0	38,400.0
	Sorgo grano	2,600.0	2,600.0	0	10,400.0	4	2,000.0	20,800.0
	Tomate rojo (Jitomate)	128.0	128.0	0	4,480.0	35	6,000.0	26,880.0
	Ajonjolí	35.0	35.0	0	21.0	0.6	13,000.0	273.0
	Sandía	25.0	25.0	0	875.0	35	2,800.0	2,450.0
	Calabaza (semilla) o Chihuahua	8.0	8.0	0	4.4	0.55	26,000.0	114.4
	Jícama	5.0	5.0	0	50.0	10	4,000.0	200.0
	Total anual	9,751.0	9,681.0	70				111,617.4
2009	Maíz grano	4,050.0	1,244.0	2,806.00	2,488.0	2	3,200.0	7,961.6
	Pastos	3,500.0	3,500.0	0	52,500.0	15	500.0	26,250.0
	Sorgo grano	2,500.0	1,778.0	722	4,445.0	2.5	1,500.0	6,667.5
	Tomate rojo (Jitomate)	120.0	120.0	0	4,200.0	35	6,000.0	25,200.0
	Ajonjolí	50.0	0.0	50	0.0	0	0.0	0.0
	Sandía	30.0	30.0	0	1,050.0	35	6,000.0	6,300.0
	Calabaza (semilla) o Chihuahua	10.0	10.0	0	5.5	0.55	22,000.0	121.0
	Jícama	8.0	8.0	0	144.0	18	3,000.0	432.0
	Total anual	10,268.0	6,690.0	3,578.00				72,932.1
2010	Maíz grano	4,200.0	3,873.3	326.68	12,433.4	3.21	3,000.0	37,300.1
	Sorgo grano	3,000.0	2,976.1	23.92	11,904.3	4	2,000.0	23,808.6
	Pastos	2,200.0	2,200.0	0	26,400.0	12	515.0	13,596.0

	Tomate rojo (Jitomate)	170.0	170.0	0	5,902.4	34.72	9,000.0	53,121.6
	Ajonjolí	50.0	50.0	0	40.0	0.8	16,000.0	640.0
	Sandía	35.0	35.0	0	1,229.9	35.14	3,800.0	4,673.6
	Calabaza (semilla) o Chihua	15.0	15.0	0	10.5	0.7	20,000.0	210.0
	Jícama	10.0	10.0	0	150.0	15	3,012.0	451.8
	Total anual	9,680.0	9,329.4	350.6				133,801.7
2011	Maíz grano	4,100.0	1,914.0	2,186.00	3,062.4	1.6	5,800.0	17,761.9
	Sorgo grano	2,800.0	2,800.0	0	11,200.0	4	3,500.0	39,200.0
	Pastos	2,200.0	2,200.0	0	26,400.0	12	500.0	13,200.0
	Tomate rojo (Jitomate)	180.0	180.0	0	6,300.0	35	9,000.0	56,700.0
	Ajonjolí	120.0	120.0	0	84.0	0.7	13,000.0	1,092.0
	Calabaza (semilla) o Chihua	35.0	35.0	0	21.0	0.6	23,000.0	483.0
	Sandía	20.0	20.0	0	700.0	35	4,500.0	3,150.0
	Jícama	10.0	10.0	0	150.0	15	3,125.0	468.8
	Total anual	9,465.0	7,279.0	2,186.00				132,055.7
2012	Maíz grano	4,000.0	4,000.0	0	8,000.0	2	3,800.0	30,400.0
	Sorgo grano	2,600.0	2,600.0	0	10,218.0	3.93	3,950.0	40,361.1
	Pastos	1,900.0	1,900.0	0	22,572.0	11.88	800.0	18,057.6
	Tomate rojo (Jitomate)	180.0	180.0	0	6,296.4	34.98	2,500.0	15,741.0
	Ajonjolí	100.0	100.0	0	80.0	0.8	14,000.0	1,120.0
	Calabaza (semilla) o Chihua	42.0	42.0	0	25.6	0.61	22,586.5	578.7
	Sandía	28.0	28.0	0	969.1	34.61	3,200.0	3,101.1
	Jícama	10.0	10.0	0	147.8	14.78	2,500.0	369.5
	Total anual	8,860.0	8,860.0					109,728.9
2013	Maíz grano	4,000.0	3,627.0	373	7,254.0	2	3,000.0	21,762.0
	Sorgo grano	2,650.0	2,343.5	306.5	9,374.0	4	2,341.4	21,948.0
	Pastos	1,900.0	1,900.0	0	22,800.0	12	800.0	18,240.0
	Ajonjolí	150.0	133.0	17	106.4	0.8	15,500.0	1,649.2
	Tomate rojo (Jitomate)	100.0	99.0	1	3,465.0	35	5,000.0	17,325.0
	Calabaza	45.0	43.0	2	516.0	12	2,000.0	1,032.0
	Sandía	30.0	30.0	0	1,050.0	35	3,000.0	3,150.0
	Jícama	10.0	10.0	0	150.0	15	4,000.0	600.0
	Total anual	8,885.0	8,185.5	699.5				85,706.2
2014	Maíz grano	3,800.0	3,800.0	0	9,500.0	2.5	3,092.0	29,373.8
	Sorgo grano	2,800.0	2,800.0	0	11,480.0	4.1	2,000.0	22,960.0
	Pastos	1,500.0	1,500.0	0	18,150.0	12.1	920.0	16,698.0
	Ajonjolí	175.0	164.0	11	123.0	0.75	17,000.0	2,091.0
	Tomate rojo (Jitomate)	70.0	70.0	0	2,464.0	35.2	7,000.0	17,248.0
	Calabaza (semilla) o Chihua	48.0	48.0	0	28.8	0.6	25,000.0	720.0
	Sandía	25.0	25.0	0	825.0	33	3,920.0	3,234.0

	Jícama	12.0	12.0	0	186.0	15.5	5,833.3	1,085.0
	Total anual	8,430.0	8,419.0	11				93,409.8
2015	Maíz grano	3,250.0	3,250.0	0	8,655.0	2.66	3,912.0	33,858.0
	Sorgo grano	2,500.0	2,500.0	0	9,250.0	3.7	4,500.0	41,625.0
	Pastos	1,525.0	1,525.0	0	19,825.0	13	819.7	16,250.0
	Ajonjolí	200.0	200.0	0	140.0	0.7	17,150.0	2,401.0
	Tomate rojo (Jitomate)	50.0	50.0	0	600.0	12	5,100.0	3,060.0
	Calabaza (semilla) o Chihua	49.0	49.0	0	31.9	0.65	26,000.0	828.1
	Sandía	27.0	27.0	0	918.0	34	4,685.2	4,301.0
	Chile verde	26.0	26.0	0	130.0	5	4,500.0	585.0
	Jícama	13.0	13.0	0	208.0	16	3,500.0	728.0
	Total anual	7,640.0	7,640.0					103,636.1
Total 2003-2015	106,005.0	96,063.9	9,941.10			0.0	1,073,969.6	

TACÁMBARO

Año	Cultivo	Sup. Sembrada (has.)	Sup. Cosechada (has.)	Sup. Siniestrada (has.)	Prod. (ton)	Rend. (ton/ ha)	PMR (\$/ton)	Valor Prod. de (miles pesos)
2003	Maíz grano	4,260.0	4,260.0	0	11,650.0	2.74	1,400.0	16,310.0
	Avena forrajera	875.0	875.0	0	33,779.0	38.6	128.9	4,355.1
	Chile verde	520.0	520.0	0	3,120.0	6	4,500.0	14,040.0
	Frijol	180.0	180.0	0	144.0	0.8	6,500.0	936.0
	Sorgo grano	55.0	55.0	0	369.0	6.71	1,100.0	405.9
	Tomate rojo (Jitomate)	42.0	42.0	0	315.0	7.5	3,100.0	976.5
	Papa	39.0	39.0	0	1,131.0	29	3,500.0	3,958.5
	Trigo grano	22.0	22.0	0	17.0	0.77	2,300.0	39.1
	Calabacita	8.0	8.0	0	80.0	10	2,500.0	200.0
	Jícama	5.0	5.0	0	70.0	14	1,200.0	84.0
	Cacahuete	5.0	5.0	0	14.0	2.8	4,100.0	57.4
	Total anual	6,011.0	6,011.0					41,362.5
2004	Maíz grano	5,600.0	5,600.0	0	15,680.0	2.8	1,200.0	18,816.0
	Avena forrajera	690.0	690.0	0	6,210.0	9	1,000.0	6,210.0
	Tomate rojo (Jitomate)	120.0	120.0	0	1,440.0	12	8,000.0	11,520.0
	Frijol	87.0	87.0	0	87.0	1	10,000.0	870.0
	Chile verde	60.0	60.0	0	540.0	9	8,000.0	4,320.0
	Calabacita	40.0	40.0	0	480.0	12	6,000.0	2,880.0
	Papa	30.0	30.0	0	900.0	30	4,000.0	3,600.0
	Tomate verde	30.0	30.0	0	240.0	8	4,000.0	960.0
	Sorgo grano	10.0	10.0	0	60.0	6	1,600.0	96.0
	Jícama	5.0	5.0	0	75.0	15	2,000.0	150.0
Cacahuete	5.0	5.0	0	16.0	3.2	4,000.0	64.0	

	Total anual	6,677.0	6,677.0					49,486.0
2005	Maíz grano	3,600.0	3,600.0	0	9,000.0	2.5	2,000.0	18,000.0
	Tomate rojo (Jitomate)	120.0	10.0	110	80.0	8	8,000.0	640.0
	Chile verde	95.0	95.0	0	960.0	10.1	7,000.0	6,720.0
	Avena forrajera	90.0	90.0	0	810.0	9	900.0	729.0
	Frijol	85.0	85.0	0	85.0	1	7,500.0	637.5
	Calabacita	20.0	20.0	0	120.0	6	3,000.0	360.0
	Tomate verde	15.0	15.0	0	120.0	8	4,000.0	480.0
	Sorgo grano	10.0	10.0	0	60.0	6	1,600.0	96.0
	Jícama	5.0	5.0	0	75.0	15	3,000.0	225.0
	Cacahuete	5.0	5.0	0	15.0	3	7,500.0	112.5
	Total anual	4,045.0	3,935.0	110				28,000.0
2006	Maíz grano	3,168.5	3,168.5	0	9,980.8	3.15	3,438.0	34,313.8
	Tomate rojo (Jitomate)	252.0	252.0	0	3,024.0	12	10,000.0	30,240.0
	Chile verde	60.0	50.0	10	600.0	12	7,000.0	4,200.0
	Calabacita	40.0	33.0	7	396.0	12	6,000.0	2,376.0
	Tomate verde	30.0	30.0	0	240.0	8	8,000.0	1,920.0
	Sorgo grano	9.4	9.4	0	33.6	3.57	1,700.0	57.1
	Jícama	5.0	5.0	0	62.5	12.5	4,000.0	250.0
	Cacahuete	5.0	5.0	0	15.0	3	5,000.0	75.0
Total anual	3,569.9	3,552.9	17				73,431.9	
2007	Maíz grano	1,950.0	1,950.0	0	5,850.0	3	2,500.0	14,625.0
	Acelga	390.0	390.0	0	3,705.0	9.5	1,200.0	4,446.0
	Tomate rojo (Jitomate)	252.0	252.0	0	2,832.0	11.24	7,000.0	19,824.0
	Chile verde	60.0	60.0	0	690.0	11.5	15,000.0	10,350.0
	Tomate verde	30.0	30.0	0	240.0	8	4,500.0	1,080.0
	Calabacita	20.0	20.0	0	240.0	12	5,000.0	1,200.0
	Sorgo grano	10.0	10.0	0	60.0	6	1,600.0	96.0
	Cacahuete	5.0	5.0	0	15.0	3	5,000.0	75.0
	Jícama	5.0	5.0	0	75.0	15	2,000.0	150.0
	Total anual	2,722.0	2,722.0					51,846.0
2008	Maíz grano	1,950.0	1,950.0	0	4,875.0	2.5	2,000.0	9,750.0
	Tomate rojo (Jitomate)	252.0	252.0	0	3,024.0	12	4,000.0	12,096.0
	Frijol	90.0	90.0	0	81.0	0.9	12,000.0	972.0
	Tomate verde	30.0	30.0	0	240.0	8	4,000.0	960.0
	Calabacita	25.0	25.0	0	350.0	14	4,000.0	1,400.0
	Sorgo grano	10.0	10.0	0	60.0	6	2,300.0	138.0
	Jícama	5.0	5.0	0	75.0	15	4,000.0	300.0
	Cacahuete	5.0	5.0	0	14.0	2.8	10,000.0	140.0
Total anual	2,367.0	2,367.0					25,756.0	
2009	Maíz grano	1,950.0	1,950.0	0	3,900.0	2	1,850.0	7,215.0

	Tomate rojo (Jitomate)	50.0	50.0	0	600.0	12	5,000.0	3,000.0
	Calabacita	20.0	20.0	0	240.0	12	6,000.0	1,440.0
	Sorgo grano	10.0	10.0	0	60.0	6	1,500.0	90.0
	Cacahuete	5.0	5.0	0	15.0	3	4,000.0	60.0
	Total anual	2,035.0	2,035.0					11,805.0
2010	Maíz grano	1,950.0	1,950.0	0	4,177.2	2.14	2,700.0	11,278.4
	Avena forrajera	380.0	380.0	0	3,040.0	8	1,300.0	3,952.0
	Tomate rojo (Jitomate)	250.0	250.0	0	3,500.0	14	6,800.0	23,800.0
	Chile verde	110.0	110.0	0	330.0	3	8,500.0	2,805.0
	Frijol	87.0	87.0	0	87.0	1	5,500.0	478.5
	Calabacita	40.0	40.0	0	480.0	12	4,300.0	2,064.0
	Sorgo grano	10.0	10.0	0	10.0	1	1,100.0	11.0
	Total anual	2,827.0	2,827.0					44,388.9
2011	Maíz grano	2,050.0	2,050.0	0	4,100.0	2	3,956.1	16,220.0
	Avena forrajera	430.0	430.0	0	3,440.0	8	890.0	3,061.6
	Tomate rojo (Jitomate)	350.0	350.0	0	5,250.0	15	5,041.1	26,466.0
	Chile verde	115.0	115.0	0	805.0	7	7,600.0	6,118.0
	Frijol	85.0	85.0	0	85.0	1	10,000.0	850.0
	Calabacita	43.0	43.0	0	430.0	10	5,700.0	2,451.0
	Sorgo grano	10.0	10.0	0	20.0	2	4,200.0	84.0
	Total anual	3,083.0	3,083.0					55,250.6
2012	Maíz grano	1,980.0	1,980.0	0	3,979.8	2.01	3,206.0	12,759.3
	Tomate rojo (Jitomate)	403.0	403.0	0	4,030.0	10	4,800.0	19,344.0
	Avena forrajera	400.0	400.0	0	4,000.0	10	900.0	3,600.0
	Chile verde	121.0	121.0	0	744.2	6.15	10,000.0	7,441.5
	Frijol	85.0	85.0	0	85.9	1.01	10,279.0	882.5
	Calabacita	40.0	40.0	0	405.6	10.14	5,000.0	2,028.0
	Sorgo grano	10.0	10.0	0	10.0	1	3,200.0	32.0
	Total anual	3,039.0	3,039.0					46,087.2
2013	Maíz grano	2,038.0	2,017.0	21	4,034.0	2	3,518.1	14,191.9
	Avena forrajera	431.0	431.0	0	3,448.0	8	625.2	2,155.6
	Tomate rojo (Jitomate)	394.0	394.0	0	5,122.0	13	7,690.7	39,391.7
	Chile verde	127.0	127.0	0	889.0	7	13,521.1	12,020.2
	Frijol	90.0	90.0	0	90.0	1	5,591.1	503.2
	Calabacita	34.0	34.0	0	204.0	6	3,432.6	700.3
	Sorgo grano	10.0	10.0	0	25.0	2.5	3,500.0	87.5
	Total anual	3,124.0	3,103.0	21				69,050.4
2014	Maíz grano	2,132.0	1,910.0	222	3,438.0	1.8	3,317.3	11,405.0
	Tomate rojo (Jitomate)	482.0	482.0	0	5,784.0	12	5,328.8	30,821.9
	Avena forrajera	417.0	417.0	0	3,386.0	8.12	646.5	2,189.1
	Chile verde	155.0	155.0	0	1,500.0	9.68	13,658.5	20,487.8

	Frijol	143.0	143.0	0	200.2	1.4	12,600.0	2,522.5
	Calabacita	72.0	72.0	0	936.0	13	4,090.2	3,828.5
	Sorgo grano	42.0	42.0	0	189.0	4.5	2,750.8	519.9
	Tomate verde	38.0	38.0	0	456.0	12	3,078.9	1,404.0
	Elote	35.0	35.0	0	280.0	8	2,539.9	711.2
	Ejote	22.0	22.0	0	110.0	5	2,872.7	316.0
	Pepino	22.0	22.0	0	396.0	18	2,926.3	1,158.8
	Cacahuate	19.0	19.0	0	57.0	3	15,421.1	879.0
	Jícama	10.0	10.0	0	150.0	15	2,570.0	385.5
	Total anual	3,589.0	3,367.0	222				76,629.2
2015	Maíz grano	2,215.0	2,215.0	0	5,094.5	2.3	3,183.6	16,218.8
	Tomate rojo (Jitomate)	497.0	497.0	0	7,455.0	15	5,197.9	38,750.1
	Avena forrajera	405.0	405.0	0	3,645.0	9	899.5	3,278.6
	Frijol	155.0	155.0	0	186.0	1.2	11,373.7	2,115.5
	Calabacita	80.0	80.0	0	1,120.0	14	4,951.1	5,545.2
	Tomate verde	40.0	40.0	0	520.0	13	4,000.0	2,080.0
	Sorgo grano	38.0	38.0	0	106.4	2.8	2,674.8	284.6
	Elote	33.0	33.0	0	247.5	7.5	3,988.6	987.2
	Pepino	25.0	25.0	0	475.0	19	3,492.3	1,658.8
	Cacahuate	22.0	22.0	0	70.4	3.2	17,420.5	1,226.4
	Chile verde	22.0	22.0	0	198.0	9	9,362.0	1,853.7
	Ejote	17.0	17.0	0	76.5	4.5	5,182.4	396.5
	Jícama	13.0	13.0	0	208.0	16	4,042.5	840.8
	Total anual	3,562.0	3,562.0					75,236.0
Total 2003-2015		46,650.9	46,280.9	370.00			0.0	648,329.6

TURICATO

Año	Cultivo	Sup. Sembrada (has.)	Sup. Cosechada (has.)	Sup. Siniestrada (has.)	Prod. (ton)	Rend. (ton/ ha)	PMR (\$/ton)	Valor Prod. de (miles pesos)
2003	Maíz grano	8,121.0	8,121.0	0	20,302.5	2.5	1,200.0	24,363.0
	Sorgo grano	985.0	985.0	0	7,387.5	7.5	1,300.0	9,603.8
	Frijol	220.0	220.0	0	220.0	1	8,000.0	1,760.0
	Sorgo forrajero verde	18.0	18.0	0	1,422.0	79	650.0	924.3
	Ajonjolí	12.0	12.0	0	6.0	0.5	7,500.0	45.0
	Chile verde	8.0	8.0	0	60.0	7.5	4,200.0	252.0
	Cacahuate	4.0	4.0	0	12.0	3	7,000.0	84.0
	Total anual	9,368.0	9,368.0					37,032.1
2004	Maíz grano	2,654.0	2,654.0	0	6,295.2	2.37	1,200.0	7,554.2
	Frijol	141.0	141.0	0	255.0	1.81	8,258.8	2,106.0
	Sorgo grano	138.0	138.0	0	607.2	4.4	1,000.0	607.2
	Sorgo forrajero verde	138.0	138.0	0	2,760.0	20	400.0	1,104.0

	Chile verde	74.0	74.0	0	606.8	8.2	2,000.0	1,213.6
	Total anual	3,145.0	3,145.0					12,585.0
2005	Maíz grano	8,702.0	8,276.0	426	19,053.6	2.3	1,861.3	35,465.3
	Sorgo forrajero verde	1,174.0	808.0	366	12,772.0	15.81	586.2	7,487.3
	Frijol	330.0	264.0	66	267.0	1.01	8,061.8	2,152.5
	Sorgo grano	62.0	21.0	41	142.8	6.8	1,300.0	185.6
	Chile verde	58.0	58.0	0	348.0	6	10,000.0	3,480.0
	Avena forrajera	55.0	55.0	0	550.0	10	900.0	495.0
	Tomate rojo (Jitomate)	42.0	37.0	5	336.7	9.1	3,000.0	1,010.1
	Cacahuete	12.0	5.5	6.5	14.3	2.6	8,000.0	114.4
	Ajonjolí	3.0	0.0	3	0.0	0	0.0	0.0
		Total anual	10,438.0	9,524.5	913.5			
2006	Maíz grano	7,202.8	7,202.8	0	22,604.3	3.14	1,780.9	40,255.5
	Sorgo forrajero verde	1,145.0	1,145.0	0	7,850.0	6.86	585.4	4,595.0
	Frijol	415.0	415.0	0	334.3	0.8	10,542.3	3,523.8
	Tomate rojo (Jitomate)	98.0	98.0	0	823.2	8.4	10,000.0	8,232.0
	Chile verde	88.0	88.0	0	616.0	7	8,000.0	4,928.0
	Sorgo grano	67.7	67.7	0	403.7	5.96	1,800.0	726.6
	Tomate verde	29.0	29.0	0	174.0	6	7,000.0	1,218.0
	Cacahuete	12.0	12.0	0	36.0	3	5,000.0	180.0
	Ajonjolí	7.0	7.0	0	2.8	0.4	7,500.0	21.0
	Total anual	9,064.5	9,064.5					63,679.9
2007	Maíz grano	5,140.0	5,140.0	0	12,780.0	2.49	2,489.1	31,810.0
	Sorgo forrajero verde	900.0	900.0	0	1,400.0	1.56	600.0	840.0
	Frijol	158.0	158.0	0	142.2	0.9	11,265.8	1,602.0
	Chile verde	80.0	80.0	0	600.0	7.5	8,000.0	4,800.0
	Sorgo grano	55.0	55.0	0	165.0	3	950.0	156.8
	Tomate rojo (Jitomate)	20.0	20.0	0	140.0	7	7,000.0	980.0
	Cacahuete	10.0	10.0	0	25.6	2.56	4,500.0	115.2
		Total anual	6,363.0	6,363.0				
2008	Maíz grano	4,640.0	4,640.0	0	11,656.0	2.51	2,517.4	29,343.0
	Sorgo forrajero verde	200.0	200.0	0	2,200.0	11	600.0	1,320.0
	Frijol	128.0	128.0	0	121.0	0.94	10,000.0	1,210.0
	Sorgo grano	75.0	75.0	0	365.0	4.87	2,104.1	768.0
	Chile verde	25.0	25.0	0	175.0	7	14,000.0	2,450.0
		Total anual	5,068.0	5,068.0				
2009	Maíz grano	4,031.0	956.0	3,075.00	2,118.8	2.22	1,713.2	3,629.8
	Sorgo forrajero verde	160.0	160.0	0	1,200.0	7.5	500.0	600.0
	Frijol	130.0	130.0	0	110.5	0.85	7,647.1	845.0
	Chile verde	77.0	77.0	0	616.0	8	7,500.0	4,620.0
	Sorgo grano	57.0	57.0	0	171.0	3	1,400.0	239.4

	Total anual	4,455.0	1,380.0	3,075.00				9,934.2
2010	Maíz grano	5,131.0	5,131.0	0	11,030.1	2.15	2,000.2	22,062.2
	Frijol	385.0	385.0	0	385.0	1	6,006.5	2,312.5
	Sorgo forrajero verde	200.0	200.0	0	1,600.0	8	560.0	896.0
	Chile verde	94.0	94.0	0	470.0	5	7,000.0	3,290.0
	Sorgo grano	57.0	57.0	0	170.5	2.99	2,000.0	341.0
	Total anual	5,867.0	5,867.0					28,901.7
2011	Maíz grano	5,237.0	947.0	4,290.00	1,926.4	2.03	4,144.4	7,983.8
	Frijol	390.0	390.0	0	390.0	1	10,515.4	4,101.0
	Sorgo forrajero verde	200.0	32.0	168	140.0	4.38	680.0	95.2
	Chile verde	105.0	105.0	0	840.0	8	8,238.1	6,920.0
	Sorgo grano	60.0	60.0	0	120.0	2	1,500.0	180.0
	Tomate rojo (Jitomate)	8.0	8.0	0	104.0	13	6,200.0	644.8
	Pepino	4.0	4.0	0	60.0	15	3,800.0	228.0
	Jícama	2.0	2.0	0	12.0	6	4,000.0	48.0
	Total anual	6,006.0	1,548.0	4,458.00				20,200.8
2012	Maíz grano	5,034.0	5,034.0	0	10,140.0	2.01	3,229.9	32,750.7
	Frijol	375.0	375.0	0	375.0	1	11,462.7	4,298.5
	Sorgo forrajero verde	200.0	200.0	0	1,600.0	8	690.0	1,104.0
	Chile verde	95.0	95.0	0	761.9	8.02	11,442.1	8,717.7
	Sorgo grano	75.0	75.0	0	153.8	2.05	3,000.0	461.3
	Total anual	5,779.0	5,779.0					47,332.2
2013	Maíz grano	5,218.0	4,968.0	250	10,006.0	2.01	3,248.6	32,505.5
	Frijol	370.0	370.0	0	370.0	1	8,515.7	3,150.8
	Sorgo forrajero verde	142.0	139.0	3	1,112.0	8	650.0	722.8
	Avena forrajera	111.0	111.0	0	888.0	8	760.6	675.4
	Sorgo grano	80.0	80.0	0	80.0	1	3,137.5	251.0
	Total anual	5,921.0	5,668.0	253				37,305.5
2014	Maíz grano	4,892.0	4,249.0	643	8,166.9	1.92	3,404.3	27,802.7
	Sorgo grano	1,060.0	1,060.0	0	5,446.6	5.14	2,718.4	14,805.9
	Frijol	391.0	391.0	0	517.7	1.32	11,030.7	5,710.6
	Tomate rojo (Jitomate)	97.0	97.0	0	1,128.0	11.63	5,478.8	6,180.0
	Ajonjolí	40.0	40.0	0	24.0	0.6	14,525.0	348.6
	Cacahuete	25.0	25.0	0	60.0	2.4	16,100.0	966.0
	Chile verde	22.0	22.0	0	160.5	7.3	13,089.0	2,100.8
	Avena forrajera	18.0	18.0	0	162.0	9	644.9	104.5
	Calabacita	17.0	17.0	0	132.0	7.76	3,894.1	514.0
	Jamaica	13.0	13.0	0	5.2	0.4	22,307.7	116.0
	Pepino	13.0	13.0	0	170.5	13.12	2,555.5	435.7
	Tomate verde	8.0	8.0	0	88.0	11	3,050.0	268.4
Total anual	6,596.0	5,953.0	643				59,353.2	

2015	Maíz grano	5,082.0	4,325.0	757	9,947.5	2.3	3,211.1	31,941.9
	Sorgo grano	915.0	800.0	115	2,240.0	2.8	2,696.4	6,040.0
	Frijol	380.0	380.0	0	281.5	0.74	10,386.2	2,923.7
	Tomate rojo (Jitomate)	110.0	110.0	0	1,650.0	15	4,472.7	7,380.0
	Avena forrajera	45.0	45.0	0	382.5	8.5	736.9	281.9
	Ajonjolí	36.0	36.0	0	23.4	0.65	16,135.3	377.6
	Cacahuete	28.0	28.0	0	70.0	2.5	16,488.0	1,154.2
	Chile verde	25.0	25.0	0	177.5	7.1	10,207.9	1,811.9
	Calabacita	19.0	19.0	0	161.5	8.5	4,228.7	682.9
	Jamaica	15.0	15.0	0	7.5	0.5	24,562.7	184.2
	Tomate verde	15.0	15.0	0	195.0	13	4,000.0	780.0
	Pepino	12.0	12.0	0	228.0	19	3,431.6	782.4
	Total anual	6,682.0	5,810.0	872				54,340.7
Total 2003-2015	84,752.5	74,538.0	10,214.50	0.0	0.00	0.0	496,450.3	