



EVALUACIÓN INTEGRAL DE LOS IMPACTOS DE LA  
VARIABILIDAD Y EL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA  
AGRICULTURA DE MAÍZ EN EL ESTADO DE  
MICHUACÁN

Tesis presentada por  
**Ana Lilia Magaña García**

para obtener el grado de  
MAESTRA EN ADMINISTRACIÓN INTEGRAL DEL  
AMBIENTE

Tijuana, B. C., México  
2014

# CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Directoras de Tesis:

---

Dra. María Tereza Cavazos Pérez

---

Dra. Hallie Eakin

Aprobada por el Jurado Examinador:

1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

4. \_\_\_\_\_

A mi querida Mili, la luz de mi vida

A mi mami, por nunca rendirte y enseñarme a soñar

A mi abuelito, por su fuerza y su amor a la tierra y al campo

A mi madrina Aurora, por ser el pilar de nuestra familia

A mi madrina Lupe, por estar siempre con nosotros

A la Dra. Hilda Guerrero, gracias por darme alas

## **Agradecimientos**

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) por brindarme el apoyo económico para mis estudios de maestría.

Gracias al Colegio de la Frontera Norte (Colef), por permitirme ser parte de su cuerpo estudiantil y por el financiamiento para la realización del trabajo de campo.

Gracias al Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE) por enriquecer nuestra formación al abrirnos las puertas de su institución.

Mi más profunda gratitud y admiración a mis directoras de tesis, la Dra. Tereza Cavazos y la Dra. Hallie Eakin, gracias por guiarme en la realización de esta tesis, guardo la satisfacción de que cada paso estuvo lleno de aprendizaje, gracias por sus consejos, su tiempo, su paciencia y por compartir un poquito de su experiencia conmigo.

Muchas gracias a la Dra. Kirsten Appendini y al Dr. Juan Manuel Rodríguez por su contribución a esta investigación, con sus comentarios fue posible mejorar la calidad de este trabajo.

Gracias a los agricultores, comisarios ejidales, funcionarios y personal de Sagarpa Delegación Michoacán y Sedru por permitirnos enriquecer esta investigación con un poco de su conocimiento acerca de la agricultura de maíz en Michoacán.

Gracias a mi familia por apoyarme incondicionalmente en cada proyecto y por alentar mis sueños; sé que en estos dos años ha habido momentos muy difíciles y dolorosos que hicieron que la distancia pesara aún más, pero tengo la convicción de que los sacrificios valen y valdrán la pena, este logro es para ustedes.

Agradezco a la Dra. Hilda Guerrero, sin su apoyo no hubiera podido ingresar a la maestría. Gracias por alentarme a lo largo de este proyecto y en los momentos más difíciles de mi vida, si volví a tener confianza en los demás fue gracias a usted.

Mis estimadas Yaz y Norma, gracias por estar a mi lado en esta aventura, tienen toda mi admiración y cariño como profesionales y como personas, más que mis amigas ustedes han sido mi familia, si disfruté tanto estar en Tijuana fue por ustedes.

Gracias a mis compañeros de MAIA, conocerlos ha sido un honor. Les deseo todo el éxito y la felicidad en el rumbo que decidan darle a su vida.

Gracias a los amigos de Fevaq: Paco Modragón, Teresita Figueroa y Tere Guajardo por su apoyo para ingresar a la MAIA y para venirme a Tijuana, en especial al Dr. Efraín Acosta por plantearme al Colef como opción para estudiar la maestría, sin duda de las mejores decisiones que he tomado hasta ahora.

## Resumen

La presente tesis tiene como objetivo evaluar los impactos potenciales de la variabilidad y el cambio climático sobre la agricultura de maíz en Michoacán, así como la capacidad adaptativa del sector ante estos factores. Con dicha finalidad se construye una metodología en tres etapas: la primera se enfoca en la relación clima-maíz; la segunda evalúa la capacidad adaptativa presente a partir de los capitales del sector y la tercera analiza las proyecciones de cambio climático (CC) para Michoacán en el periodo 2015-2039 y las tendencias en la capacidad adaptativa. Los resultados señalan que la temperatura promedio y la precipitación total de mayo-octubre (durante el periodo de crecimiento del maíz), así como un índice de El Niño para diciembre-febrero explican 39 por ciento de la variación de los rendimientos de riego del maíz y el 34 en el caso del temporal. Con los escenarios de CC se proyecta una caída en los rendimientos a partir de 2015, la cual podría prolongarse hasta 2030 o 2034 a partir de entonces podrían recuperarse los niveles observados en el año 2000. En cuanto a la capacidad adaptativa, los capitales humano, social, físico y financiero históricamente son bajos, en tanto que el capital natural es alto; se supone que la cohesión social ejerce influencia en los niveles de los demás capitales, por lo que ésta es la principal necesidad de adaptación del sector. Las tendencias a futuro muestran un ligero incremento en la capacidad adaptativa, aunque es posible que sea insuficiente de acuerdo a los bajos rendimientos del maíz proyectados para el futuro.

Palabras claves: Variabilidad climática, cambio climático, capacidad adaptativa, maíz, Michoacán

## Abstract

The objective of this thesis is the evaluation of the potential impact of climate variability and climate change on maize agriculture in Michoacán, México and the adaptive capacity of the sector to these factors. With this purpose, a three-phase methodology was pursued: the first phase focused on the climate-maize link; the second phase was an evaluation of adaptive capacity based on sector assets, and the third phase focused on climate change (CC) projections in Michoacán for the period 2015-2039 and adaptive capacity trends. The results indicate that mean temperature and total rainfall during the growing season (May-October) and December-February El Niño index explain 39 per cent of the variation in irrigated agriculture yields and 34 per cent of the variation in rainfed yields. CC scenarios project a fall in yields from 2015, a trend that could last until 2030 or 2034, after which yields could recover to the level seen in 2000. With respect to adaptive capacity, human, social, physical and financial capital in the sector are historically low, while natural capital is high; it is supposed that social cohesion has influence on the levels of capital. Because of this, stronger social cohesion is the main adaptation need; future trends show a slight increase in adaptive capacity, but this is likely not enough for future maize yields, which are projected to decrease.

Keywords: Climate variability, climate change, adaptive capacity, Maize, Michoacan

## ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN.....	2
1. Planteamiento del problema .....	2
2. Antecedentes.....	3
3. Pregunta de investigación.....	4
4. Objetivos.....	6
a. Objetivo general.....	6
b. Objetivos específicos .....	6
5. Justificación.....	6
6. Hipótesis .....	7
a. Hipótesis principal .....	7
b. Hipótesis secundaria.....	8
7. Estructura de la tesis .....	8
CAPÍTULO I	
MARCO TEÓRICO Y CONTEXTO SOCIO-POLÍTICO .....	9
Introducción.....	9
1.1. Marco teórico.....	9
1.1.1 El impacto potencial .....	11
1.1.2. La capacidad adaptativa.....	12
1.2. El contexto socio-político: La política agrícola.....	13
1.2.1. Reformas en torno a la apertura comercial.....	16
1.2.2. Política agrícola actual .....	18
1.2.3. Implicaciones de la política agrícola en la vulnerabilidad ante eventos climáticos	19
1.3. Conclusiones del capítulo .....	20

## CAPÍTULO II

METODOLOGÍA Y BASES DE DATOS.....	22
Introducción.....	22
2.1. Metodología.....	22
2.1.1. Primera etapa: evaluación de los impactos potenciales.....	27
2.1.2. Segunda etapa: evaluación de la capacidad adaptativa .....	29
2.1.3 Tercera etapa: escenarios futuros 2015-2039 .....	35
2.2 Bases de datos.....	36
2.2.1. Datos climáticos observados .....	37
2.2.2. Escenarios de cambio climático .....	38
2.2.3. SIAP .....	39
2.2.4. Censo agrícola 2007 .....	39
2.2.5. Censo Ejidal 2007 y 2001.....	40
2.2.6. Anuario estadístico de Michoacán.....	40
2.2.7. Declaratorias de siniestro agroclimáticos atendidos por Sagarpa .....	41
2.3. Conclusiones del capítulo.....	41

## CAPÍTULO III

FENOLOGÍA DEL MAÍZ .....	42
Introducción.....	42
3.1. Periodos de crecimiento.....	42
3.2. Requerimientos agroecológicos del maíz .....	43
3.3. Conclusiones del capítulo .....	46

## CAPÍTULO IV

RESULTADOS DE LOS IMPACTOS POTENCIALES DE LA AGRICULTURA DE MAÍZ EN MICHOACÁN ANTE LA VARIABILIDAD Y EL CAMBIO CLIMÁTICO .....	47
Introducción.....	47
4.1. Climatología del estado de Michoacán.....	48

4.1.1. Climatología anual.....	48
4.1.2. Climatología estatal durante la temporada de crecimiento mayo-octubre .....	58
4.2. La agricultura de maíz en el estado de Michoacán.....	63
4.2.1. Importancia del maíz respecto de otros cultivos en el estado.....	63
4.2.2. Importancia del ciclo primavera-verano en la producción de maíz en Michoacán .	65
4.3. La sensibilidad del sector agrícola del maíz ante la variabilidad climática.....	74
4.3.1. La sensibilidad del sector agrícola en su componente natural.....	74
4.3.2. La sensibilidad del sector agrícola en su componente humano.....	76
4.4. Impactos de la variabilidad climática en la agricultura de maíz en Michoacán .....	78
4.4.1 Variabilidad climática y su relación con la productividad del maíz en Michoacán .	79
4.4.2. Siniestros agroclimáticos en Michoacán .....	83
4.4.3. La percepción de los impactos de la variabilidad climática en la agricultura de maíz .....	86
4.5. Impactos del CC en la agricultura de maíz en Michoacán para el periodo 2015-2039 ..	88
4.5.1. Proyecciones anuales de CC.....	89
4.5.2. Proyecciones durante la temporada de crecimiento mayo-octubre .....	97
4.5.3. Impactos proyectados del CC en los rendimientos de maíz en Michoacán.....	101
4.6. Conclusiones del capítulo.....	108

## CAPÍTULO V

RESULTADOS DE LA CAPACIDAD ADAPTATIVA DE LA AGRICULTURA DE MAÍZ EN MICHOACÁN .....	110
Introducción.....	110
5.1. Medidas adaptativas ante la variabilidad climática y los eventos extremos.....	111
5.2. Capacidad adaptativa de los agricultores ante la variabilidad climática .....	112
5.2.1. Capital humano.....	112
5.2.2. Capital social .....	118

5.2.3. Capital natural .....	122
5.2.4. Capital físico.....	125
5.2.5. Capital financiero .....	127
5.3. Perspectivas a futuro 2015-2039: las necesidades de adaptación ante el cambio climático .....	135
5.4. La política nacional de CC y el sector agrícola.....	139
5.5. Conclusiones del capítulo.....	141
5.2.6. El contexto del estado de Michoacán, la violencia como limitante de la capacidad adaptativa.....	142
CONCLUSIONES, DISCUSIÓN Y RECOMENDACIONES.....	143
Conclusiones.....	143
Discusión .....	146
Recomendaciones .....	148
BIBLIOGRAFÍA .....	150
ANEXOS .....	i
Anexo I: Guión de entrevista a actores públicos .....	i
Anexo II: Guión de entrevista a agricultores.....	iii

# ÍNDICE DE FIGURAS, GRÁFICAS, MAPAS Y TABLAS

## Figuras

Figura 3. 1: Calendario de la producción de maíz en Michoacán .....	43
Figura 4. 1: Calendario de la duración de la temporada de lluvias en Michoacán, estimación de la fecha media de inicio* y final** del ciclo por quinquenios e intensidad del temporal***..	61
Figura 5. 1: Cambios esperados en la capacidad adaptativa, actual vs expectativa para el futuro cercano.....	137

## Gráficas

Gráfica 4. 1: T <sub>máx</sub> y T <sub>mín</sub> promedio anual (°C) durante 2001-2008, según región .....	52
Gráfica 4. 2: Precipitación total anual (mm) durante 2001-2008, según las tres regiones seleccionadas .....	52
Gráfica 4. 3: T <sub>máx</sub> promedio anual (°C) durante 1960-2010 en las estaciones seleccionadas y el promedio y tendencia* de la región de estudio .....	54
Gráfica 4. 4: T <sub>mín</sub> promedio anual (°C) durante 1960-2010 en las estaciones seleccionadas y el promedio y tendencia* de la región de estudio .....	54
Gráfica 4. 5: Precipitación total anual (mm) durante 1960-2010*, en las estaciones seleccionadas y el promedio y tendencia** de la región de estudio .....	55
Gráfica 4. 6: T <sub>máx</sub> promedio mensual (°C) durante 1960-2008 en las estaciones seleccionadas y promedio de la región de estudio. Las barras indican la temporada de crecimiento del maíz	56
Gráfica 4. 7: T <sub>mín</sub> promedio mensual (°C) durante 1960-2008 en las estaciones seleccionadas y promedio de la región de estudio. Las barras indican temporada de crecimiento del maíz ...	56
Gráfica 4. 8: Precipitación total mensual (mm) durante 1960-2008 para el promedio de la región estudio y las estaciones seleccionadas. Las barras indican temporada de crecimiento..	57
Gráfica 4. 9: Precipitación anual (mm) en el estado de Michoacán y promedio de la región de estudio durante 1980-2008* y sus tendencias lineales** .....	57

Gráfica 4. 10: Registro anual y tendencia lineal de la temperatura máxima promedio mayo-octubre en Michoacán, 1980-2008 .....	58
Gráfica 4. 11: Registro anual y tendencia lineal de la precipitación total mayo-octubre en Michoacán, 1980-2008* .....	59
Gráfica 4. 12: Duración del temporal de lluvias y relación entre la superficie sembrada con maíz bajo la modalidad de riego respecto a la de temporal en Michoacán en el periodo 1980 a 2008*, promedios quinquenales .....	62
Gráfica 4. 13: Incrementos en la superficie sembrada en Michoacán, según principales cultivos, 1980-2011 .....	63
Gráfica 4. 14: Producción anual de maíz en Michoacán según disponibilidad de agua y ciclo de producción, 1980-2011 .....	65
Gráfica 4. 15: Maíz, superficie sembrada y cosechada (temporal primavera-verano) y tendencia lineal de la superficie sembrada en Michoacán (ha), 1980-2011 .....	66
Gráfica 4. 16: Maíz, superficie sembrada y cosechada (riego primavera-verano) y tendencia lineal de la superficie sembrada en Michoacán (ha), 1980-2011 .....	67
Gráfica 4. 17: Volumen (ton) y rendimiento (ton/ha) de la producción de maíz de temporal en Michoacán, 1980-2011 .....	67
Gráfica 4. 18: Volumen (ton) y rendimiento (ton/ha) de la producción de maíz de riego en Michoacán, 1980-2011 .....	68
Gráfica 4. 19: Variación anual de los rendimientos de riego y de temporal, 1980-2011 .....	68
Gráfica 4. 20: Rendimientos de temporal (ton/ha) durante 2001-2008, promedio según región .....	69
Gráfica 4. 21: Rendimientos de riego (ton/ha) durante 2001-2008, según región y disponibilidad de riego .....	69
Gráfica 4. 22: Precio medio rural del maíz en Michoacán (\$ por ha) precios constantes de 2011, 1980-2011 .....	73
Gráfica 4. 23: Valor de la producción del maíz en Michoacán, 1980-2011, valores contantes 2011 .....	73
Gráfica 4. 24: Agricultores de Michoacán, según el origen de sus ingresos totales, 2007 .....	76
Gráfica 4. 25: Ajuste del modelo lineal de rendimientos totales por superficie cosechada, observado vs estimado.....	80

Gráfica 4. 26: Ajuste del modelo de rendimientos de riego, observado vs estimado.....	82
Gráfica 4. 27: Ajuste del modelo de rendimientos de temporal, observado vs estimado.....	82
Gráfica 4. 28: Maíz, porcentaje de la superficie siniestrada en Michoacán (% respecto a superficie sembrada) según disponibilidad de riego, 1980-2011 .....	85
Gráfica 4. 29: Variación de la T <sub>máx</sub> promedio anual en Michoacán según el ensamble REA de los modelos globales para el periodo 1961-2000 y para los escenarios RCP 4.5 y 8.5 (2015-2039).....	89
Gráfica 4. 30: Variación de la T <sub>máx</sub> promedio mensual en Michoacán, según REA (1961-2000) y RCP 4.5 y 8.5 (2015-2039) .....	90
Gráfica 4. 31: Variación de la T <sub>min</sub> promedio anual en Michoacán según REA (1961-2000) y según RCP 4.5 y 8.5 (2015-2039) .....	92
Gráfica 4. 32: Variación de la T <sub>min</sub> promedio mensual en Michoacán, según REA (1961-2000) y RCP 4.5 y 8.5 (2015-2039) .....	94
Gráfica 4. 33: Variación de la Precipitación total anual en Michoacán según REA (1961-2000) y según RCP 4.5 y 8.5 (2015-2039) .....	94
Gráfica 4. 34: Variación de la Precipitación diaria promedio mensual en Michoacán, según REA (1961-2000) y RCP 4.5 y 8.5 (2015-2039).....	95
Gráfica 4. 35: Variación de la T <sub>máx</sub> promedio mayo-octubre en Michoacán según REA (1961-2000) y según RCP 4.5 y 8.5 (2015-2039).....	99
Gráfica 4. 36: Variación de la Precip total mayo-octubre en Michoacán según REA (1961-2000) y según RCP 4.5 y 8.5 (2015-2039).....	99
Gráfica 4. 37: Contraste entre el registro de T <sub>máx</sub> promedio mayo-octubre para Michoacán según el Clicom y según REA, 1980-2000 .....	102
Gráfica 4. 38: Contraste entre el registro de Precip total mayo-octubre para Michoacán según el Clicom y según REA, 1980-2000.....	103
Gráfica 4. 39: Ajuste del modelo de rendimientos totales sin ONI con los datos de REA, rendimientos estimados vs observados, 1980-2000 .....	104
Gráfica 4. 40: Ajuste del modelo de rendimientos de riego sin ONI con los datos de REA, rendimientos estimados vs observados, 1980-2000 .....	104
Gráfica 4. 41: Ajuste del modelo de rendimientos de temporal sin ONI con los datos de REA, rendimientos estimados vs observados, 1980-2000 .....	104

Gráfica 4. 42: Proyección de los rendimientos anuales del cultivo de maíz en Michoacán (riego y temporal), según escenarios de CC RCP 4.5 y 8.5 (2015-2039)* .....	105
Gráfica 4. 43: Proyección de los rendimientos anuales de riego del cultivo de maíz en Michoacán, según escenarios de CC RCP 4.5 y 8.5 (2015-2039)* .....	106
Gráfica 4. 44: Proyección de los rendimientos anuales de temporal del cultivo de maíz en Michoacán, según escenarios de CC RCP 4.5 y 8.5 (2015-2039)* .....	107
Gráfica 5. 1 Escolaridad según el nivel de estudios aprobado por el productor.....	114
Gráfica 5. 2: Agricultores que recibieron capacitación o asistencia técnica según orientación temática, 2007.....	115
Gráfica 5. 3: Ejidatarios que recibieron capacitación según tema, 2001 y 2007.....	116
Gráfica 5. 4: Ejidos y comunidades, según organización y asociación, 2001 y 2007 .....	118
Gráfica 5. 5: Agricultores en organizaciones de productores según tipos de beneficios, apoyos o servicios obtenidos, 2007 .....	120
Gráfica 5. 6: Concesiones de agua en Michoacán a febrero de 2014, según uso consuntivo y fuente del recurso hídrico .....	124
Gráfica 5. 7: Agricultores que accedieron a algún crédito, según el monto y el destino de los recursos, 2007.....	128
Gráfica 5. 8: Fuentes del financiamiento, según la cantidad de agricultores que recurren a ellas, 2007.....	129
Gráfica 5. 9: Histórico del número de agricultores beneficiados por el Procampo y su variación anual .....	130
Gráfica 5. 10: Porcentaje de la superficie total asegurada en Michoacán que corresponde al maíz, 1991-2011 .....	132
Gráfica 5. 11: Apoyos históricos cobrados al seguro catastrófico por la ocurrencia de siniestros agroclimáticos en Michoacán, precios constantes de 2011 .....	132
Gráfica 5. 12: Rubros en los que se han hecho efectivos los seguros catastróficos en el periodo 2003-2011 en Michoacán .....	133

## Mapas

Mapa 2. 1: Ubicación de la región de estudio con 3 municipios del estado de Michoacán (Angamacutiro, Puruándiro y José Sixto Verduzco) utilizados en esta tesis para evaluar la producción de maíz.....	31
Mapa 2. 2: Localización de las estaciones climatológicas del estado de Michoacán utilizadas en esta tesis .....	37
Mapa 3. 1: Potencial para la producción de maíz de temporal (ver Tabla 3.1), según temperatura promedio (°C) observada en los meses de junio a agosto durante el periodo 1961-2008. ....	45
Mapa 3. 2: Potencial para la producción de maíz de temporal, según precipitación total anual (mm) observada durante el periodo 1961-2008.....	45
Mapa 4. 1: Topografía del estado de Michoacán.....	49
Mapa 4. 2: Temperatura máxima promedio anual (°C) durante 1960-2008 .....	49
Mapa 4. 3: Temperatura mínima anual (°C) durante 1960-2008 .....	50
Mapa 4. 4: Precipitación total anual (mm) durante 1960-2008.....	51
Mapa 4. 5: Regionalización del estado de Michoacán según características topográficas y registros climáticos durante el periodo 1960-2008 .....	52
Mapa 4. 6: Temperatura máxima promedio (°C) en la temporada de crecimiento del maíz (mayo-octubre) durante 1960-2008. Se resalta en rojo la isoterma de 26°C (umbral máximo para un alto potencial de producción de maíz). ....	59
Mapa 4. 7: Precipitación total de mayo-octubre (mm) durante 1960-2008. Se resaltan en color azul las isoyetas de 400 y 700 mm (umbral mínimo y máximo para un alto potencial de producción de maíz) .....	60
Mapa 4. 8: Principales cultivos por municipio en Michoacán, según la superficie sembrada, 2001 .....	64
Mapa 4. 9: Principales cultivos por municipio en Michoacán, según la superficie sembrada, 2010 .....	64
Mapa 4. 10: Rendimientos de maíz de riego (ton/ha) por municipio, 2010.....	70
Mapa 4. 11: Rendimientos de maíz de temporal (ton/ha) por municipio, 2010.....	70
Mapa 4. 12: Proporción de la superficie sembrada de maíz que tiene sistemas de riego, 2010	71

Mapa 4. 13: Proporción de los rendimientos de riego respecto de los rendimientos de temporal por municipio, 2010.....	72
Mapa 4. 14: Sensibilidad a la sequía, según los umbrales para declaratoria por siniestros agroclimático en Michoacán emitida por Agroasemex, 2013 .....	75
Mapa 4. 15: Sensibilidad al exceso de humedad, según los umbrales para declaratoria por siniestros agroclimático en Michoacán emitida por Agroasemex, 2013 .....	76
Mapa 4. 16: Porcentaje del ingreso total de los agricultores que depende de actividades agropecuarias, 2007 .....	77
Mapa 4. 17: Siniestros agroclimáticos por sequía atípica en Michoacán, número de años en el periodo 2003-2012.....	84
Mapa 4. 18: Estimación del volumen de producción (ton) de maíz bajo condiciones de riego perdido a causa de siniestros agroclimáticos, 2003-2010.....	85
Mapa 4. 19: Estimación del volumen de producción (ton) de maíz de temporal perdido a causa de siniestros agroclimáticos, 2003-2010 .....	86
Mapa 4. 20: Observaciones históricas 1960-2008 de T <sub>máx</sub> promedio anual en Michoacán, según registros Clicom (arriba izquierda) y REA (abajo izquierda) y proyecciones para el futuro cercano 2015-2039 bajo escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 (abajo) .....	91
Mapa 4. 21: Observaciones históricas 1960-2008 de T <sub>min</sub> promedio anual en Michoacán, según Clicom (arriba izquierda) y REA (abajo izquierda) y proyecciones para el futuro cercano 2015-2039 bajo escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 (derecha).....	93
Mapa 4. 22: Observaciones históricas 1960-2008 de Precipitación total anual en Michoacán, según Clicom (arriba izquierda) y REA (abajo izquierda) y proyecciones para el futuro cercano 2015-2039 bajo escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 (derecha).....	96
Mapa 4. 23: Proyecciones de T <sub>máx</sub> promedio durante la temporada de crecimiento (mayo-octubre) en Michoacán para el futuro cercano 2015-2039 bajo escenarios de CC RCP 4.5 y RCP 8.5.....	98
Mapa 4. 24: Proyecciones de Precip total durante la temporada de crecimiento (mayo-octubre) en Michoacán para el futuro cercano 2015-2039 bajo escenarios de CC RCP 4.5 y RCP 8.5..	99
Mapa 5. 1: Agricultores en Michoacán según municipio, 2007.....	113
Mapa 5. 2: Índice de educación de los agricultores según el grado de escolaridad acreditado .....	115

Mapa 5. 3: Porcentaje de ejidos que cuenta con alguna forma de organización, según municipio, 2007 .....	119
Mapa 5. 4: Proyección de la disponibilidad media natural per cápita en el año 2030, m <sup>3</sup> /hab/año .....	123
Mapa 5. 5: Agricultores dentro del padrón de beneficiados del Procampo en Michoacán, porcentaje respecto al total de agricultores por municipio, 2011 .....	130
Mapa 5. 6: Apoyos estimados por hectárea afectada que se entregaron por el seguro catastrófico por la ocurrencia de siniestros agroclimáticos en el periodo 2003-2012 en Michoacán .....	133

## **Tablas**

Tabla 1. 1: Principales reformas a las políticas agrarias 1985-1999 .....	15
Tabla 2. 1: Operacionalización de los conceptos y fuentes de información.....	25
Tabla 2. 2: Etiquetas para el análisis de las entrevistas .....	33
Tabla 2. 3: Relación de las variables de cada tipo de capital con la capacidad adaptativa .....	34
Tabla 4. 1: Mejores resultados del modelo de rendimiento de superficie sembrada y cosechada usando un análisis multivariado con significancia al 95 por ciento .....	79
Tabla 4. 2: Mejores resultados del modelo de rendimiento usando un análisis multivariado con significancia al 95 por ciento, según disponibilidad de riego.....	81
Tabla 4. 3: Mejores resultados del modelo de rendimiento según disponibilidad de riego usando un análisis multivariado con significancia al 95 por ciento sin la variable ONI DEF 102	
Tabla 5. 1: Distritos de Riego del estado de Michoacán según Región Hidrológica Administrativa a la que pertenece .....	122
Tabla 5. 2: Disponibilidad natural media per cápita (m <sup>3</sup> /hab/año) 2010 y 2030, en las RHA a las que pertenece Michoacán.....	123
Tabla 5. 3: Tendencias observadas y proyecciones a futuro de la capacidad adaptativa, según tipo de capital .....	136

# INTRODUCCIÓN

En la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) celebrada en Rio de Janeiro en 1992 se define el cambio climático como un “*cambio del 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 periodos de tiempo comparables*” (ONU, 1992:3). Se espera que el cambio climático (CC) repercuta en el bienestar de los seres humanos, afectando especialmente a la producción de alimentos y a los sectores altamente vulnerables<sup>1</sup>; por lo tanto, uno de los grupos sociales más vulnerables al CC es el sector agrícola (IPCC, 2007.; Nelson *et al.*, 2009; Stern, 2006; Hertel y Rosch, 2010; FAO, 2008 y 2011). Los escenarios de CC global sugieren que incrementos en la temperatura promedio anual entre 1°C y 3°C pueden generar aumentos en la productividad agrícola en latitudes altas y medias, mientras que en latitudes intertropicales, como en México, se espera el efecto opuesto. Si la temperatura llega a subir más de 4°C, la disminución de los rendimientos agrícolas será generalizada en todo el mundo (IPCC, 2007 y Stern, 2006).

Según Lobell y Field (2007)<sup>2</sup>, los cambios en la temperatura y las variaciones en las precipitaciones globales afectan a los cultivos de trigo, maíz y cebada en el mundo, por lo que estiman que el calentamiento ocurrido de 1981 a 2002 ha ocasionado la pérdida de 40 millones de toneladas de estos cultivos. En México, además de las posibles repercusiones en los volúmenes de cosechas, la mayoría de los agricultores, especialmente aquellos que siembran granos básicos como el maíz, padecen de pobreza (Yúnez *et al.*, 2004), lo que limita su capacidad adaptativa<sup>3</sup>. Esta condición determina si los sectores pueden o no responder a las nuevas condiciones climáticas. Sin embargo, otros factores no-climáticos también tienen un fuerte impacto sobre los cultivos y sus rendimientos. En un estudio desarrollado por Lobell *et*

---

<sup>1</sup> La vulnerabilidad se refiere a quién o qué está en riesgo y el grado en que pueden ser dañados (Cutter *et al.*, 2008).

<sup>2</sup> En dicho estudio se reconoce que los modelos estadísticos desarrollados no incluyen las medidas adaptativas adoptadas por los agricultores, por lo que éstas se convierten en una medida de incertidumbre. Lo anterior expresa la necesidad de incluir la capacidad de adaptación para dar mayor certidumbre a los impactos en el pasado y a las proyecciones del futuro.

<sup>3</sup> Según Cutter *et al.* (2008:3) la capacidad adaptativa es “...la capacidad de un sistema para ajustarse al cambio, moderar los efectos, y hacer frente a una perturbación”.

*al.*, 2005, acerca de la producción de trigo en México, se llega a la conclusión de que los incrementos en la temperatura han logrado incrementar los volúmenes de producción en el periodo 1960-2000, sin embargo observan diferencias en los rendimientos entre distintas regiones del mundo, lo cual lo atribuyen a reformas políticas y el uso y gestión de los recursos naturales y de los insumos productivos.

La presente investigación evalúa los impactos de la variabilidad climática en las cosechas del cultivo de maíz en Michoacán durante el periodo 1961-2010 y la capacidad adaptativa de los agricultores de ese estado. Además, se consideran algunos escenarios de temperatura y precipitación (desarrollados por Cavazos *et al.*, 2013) para evaluar el posible impacto del CC en la agricultura en Michoacán durante el futuro cercano (2015-2039).

## 1. Planteamiento del problema

Es posible que la producción de alimentos sea afectada por las perturbaciones del CC (IPCC, 2007 y Stern, 2006). En el caso de México sobresale el cultivo de maíz por dos razones: por un lado, el maíz es un alimento de alto consumo en el país<sup>4</sup> y por otro, un gran porcentaje de los agricultores (casi 60 por ciento) se dedica a la siembra de este grano (Inegi, 2011).

El estado de Michoacán se posiciona dentro de los cuatro estados productores de maíz más importantes en México, ya que anualmente produce poco más de un millón y medio de toneladas de este grano (aproximadamente 10 por ciento del total nacional), de las cuales más del 60 por ciento son de temporal (Sagarpa, 2009). En Michoacán, al 2007, existían alrededor de 305 mil agricultores, de los cuales más de 111 mil produjeron maíz en el ciclo primavera-verano (agricultura de temporal), mientras que alrededor de 3.5 mil agricultores lo cosecharon en el ciclo otoño-invierno<sup>5</sup> (Inegi, 2011); es decir, casi un 38 por ciento de los agricultores de Michoacán se dedican a la producción el maíz, especialmente durante el ciclo de primavera-

---

<sup>4</sup> Según cálculos propios a partir de información de consumo aparente de Inegi (2012), el consumo de maíz en 2010 correspondió a 70 por ciento del consumo total de granos básicos, en tanto que según el SIAP (2012), la demanda total aparente de maíz (incluye maíz blanco y amarillo para consumo humano, sector pecuario e industria) durante el periodo 2004-2006 fue de 26.7 millones de toneladas promedio anual.

<sup>5</sup> Estos datos reflejan la gran importancia de las lluvias de temporal, ya que éstas se presentan durante el ciclo primavera-verano en el estado de Michoacán.

verano. En ambos ciclos pueden ocurrir eventos hidrometeorológicos y climáticos de relevancia como heladas en invierno y sequías y lluvias extremas durante el verano, factores que se tienen que evaluar para entender los impactos del clima en la producción de maíz en la región, pues en promedio durante el periodo 1980-2011, cinco por ciento de la superficie de riego ha sufrido algún siniestro, porcentaje que aumenta a ocho por ciento en el caso de la producción de temporal (estimaciones propias a partir de SIAP, 2013).

## 2. Antecedentes

Alrededor del mundo se han desarrollado diversos trabajos que estudian los efectos del CC en sectores socio-económicos. Uno de los trabajos más conocidos y polémicos es el *Stern Report* (2006), el cual concluyó que implementar medidas de adaptación y mitigación al CC costaría anualmente uno por ciento del Producto Interno Bruto Mundial (PIB) mundial, en tanto que cada año se podría perder alrededor del 5 por ciento del mismo, hasta alcanzar un 20 por ciento del PIB mundial en el largo plazo, de no tomarse ningún tipo de acción (Stern, 2006).

En México también se han desarrollado esfuerzos para generar estimaciones de los costos del CC; uno de los más divulgados es el *Reporte Galindo* (2009). Las conclusiones del reporte para el sector agrícola indican que los aumentos en la temperatura promedio anual debidas al CC afectan principalmente al ciclo agrícola otoño-invierno y a los cultivos perennes (Galindo, 2009)<sup>6</sup>.

Los estudios que abordan los efectos del CC en el cultivo de alimentos (algunos específicamente del maíz) se pueden clasificar en cuatro categorías: enfoque climático, enfoque económico, enfoque fenológico<sup>7</sup> y enfoque social. En la tabla 1 se presentan algunos trabajos relevantes para el caso de México, los cuales coinciden en que el CC afectará a la

---

<sup>6</sup> No se han encontrado artículos científicos que aborden el CC en Michoacán para el caso específico del sector agrícola, pero según Galindo (2009), es de esperarse que la producción agrícola del estado disminuya.

<sup>7</sup> La fenología considera el tiempo que tarda un cultivo en desarrollarse.

agricultura en México, incrementando la vulnerabilidad<sup>8</sup> del sector y reduciendo su productividad.

La esquematización de los trabajos en la tabla 1 ilustra la diversificación de enfoques en los análisis de CC, desde temas casi exclusivamente climáticos, a estudios complementarios, ya sea de impactos económicos, apoyándose en la fenología de los cultivos, o en temas de índole social.

### 3. Pregunta de investigación

Se formulan las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Qué tan propensa es la agricultura de maíz en Michoacán a reducir sus rendimientos agrícolas (ton/ha) ante los efectos de la variabilidad climática (1960-2010) y el cambio climático (2015-2039)?
- ¿Cuál es la capacidad adaptativa del sector agrícola de maíz en Michoacán ante los efectos de la variabilidad y el cambio climático?

---

<sup>8</sup> La vulnerabilidad está en función de los impactos potenciales (exposición y sensibilidad) y de la capacidad adaptativa de un sector (IPCC, 2011).

**Tabla 1: Publicaciones que analizan las repercusiones de la variabilidad climática, el CC y los recursos financieros en la producción de alimentos en México**

	Autor (año)	Resultados
Climático	Magaña <i>et al.</i> (1998)	La variación interanual del clima está fuertemente relacionada con el fenómeno de El Niño, el cual en México provoca disminución de lluvias en verano e incluso sequía, a la vez que aumenta el número de huracanes. En El Niño de 1997-1998, la disminución de las lluvias generó pérdidas de aproximadamente dos millones de toneladas de granos básicos.
	Conde <i>et al.</i> (1999)	Se concluye una alta vulnerabilidad del maíz de temporal ante el cambio climático. Se espera la caída más significativa de la producción agrícola en el año 2100. La infraestructura y la tecnología de riego son factores que pueden reducir los impactos negativos del CC (caso de Sinaloa y Nayarit).
	Ruiz <i>et al.</i> (2000)	Reducción de casi 320 mil hectáreas de terreno con condiciones apropiadas para el cultivo de maíz durante el periodo 1972-1996.
	Conde <i>et al.</i> (2004)	La disminución de la precipitación a causa de El Niño afecta principalmente la producción agrícola en el ciclo primavera-verano. Los efectos en la agricultura son: disminución o pérdida de las cosechas y escasez y/o aumento en el precio de los granos.
	Gay <i>et al.</i> (2006)	Se espera que para el año 2020 la producción de café no sea económicamente viable para los productores.
	De Freitas (2013)	Los efectos de la variabilidad climática sobre los campos de maíz son diferenciados según la región de que se trate. La variación en la sensibilidad se atribuye a las condiciones climáticas, la heterogeneidad en las escalas de producción, las prácticas de adaptación y la fiabilidad de los reportes de rendimientos.
Económico	Ruiz <i>et al.</i> (2000)	Se espera que a finales de siglo la evapotranspiración aumente en un 10 por ciento, en tanto que la demanda de agua podría disminuir en ambos ciclos agrícolas.
Fenológico	Gay <i>et al.</i> (2006)	El periodo de crecimiento del maíz puede acortarse, lo que reduce la demanda de agua, pero incrementa el estrés térmico.
	Flores <i>et al.</i> (2012)	Se espera que por el aumento de la temperatura y reducción de lluvias, la productividad de los cultivos (de entre los que sobresale el maíz) disminuya.
Social	Eakin (2000)	Aparte de las afectaciones por la variabilidad climática, la falta de recursos financieros ocasiona la pérdida de cosechas. Se requiere fortalecer capacidades por medio de crédito, asistencia técnica e información de precios y del mercado
	Eakin y Appendini (2008)	En la región Lerma-Chapala las inundaciones no necesariamente significan una amenaza para la vida de los residentes, pues éstos ya han demostrado haberse adaptado a ellas, además de que las comunidades rurales dependen cada vez menos de ingresos agrícolas.
	Monterroso <i>et al.</i> (2012)	Se propone un sistema de 60 indicadores para medir la vulnerabilidad al CC en el sector agrícola. Se obtiene una correlación positiva entre la vulnerabilidad y la exposición y la vulnerabilidad, mientras que la correlación es negativa respecto a la capacidad adaptativa. Los lugares más vulnerables al CC en México son Oaxaca, Chiapas y Veracruz.

Fuente: elaboración propia a partir de los documentos a los que se hace referencia al interior de la tabla

#### 4. Objetivos

##### a. Objetivo general

Realizar una evaluación integral de los impactos de la variabilidad y el cambio climático sobre la producción de maíz en Michoacán, contemplando los impactos potenciales y la capacidad adaptativa del sector ante dichas perturbaciones.

##### b. Objetivos específicos

- Determinar los impactos de la variabilidad climática sobre la agricultura de maíz en Michoacán en los rendimientos de los cultivos (ton/ha), tanto de riego como de temporal, durante el periodo 1960-2010.
- Determinar cuál es la capacidad adaptativa que existe actualmente en el sector agrícola del maíz en Michoacán ante la variabilidad climática.
- Evaluación de los escenarios futuros de CC para el periodo 2015-2039 en el estado de Michoacán y estimación de la variación en los rendimientos en la agricultura considerando las características fenológicas del cultivo y las variables climáticas más relevantes para la agricultura de maíz.
- Definir cuáles son las necesidades del sector para contar con los capitales humano, social, natural, financiero y físico adecuados para adaptarse a los cambios esperados en el periodo 2015-2039.

#### 5. Justificación

Se espera que el CC reduzca la disponibilidad de alimentos (IPCC, 2007), debido a que las modificaciones en los patrones climáticos afectarán el desarrollo, la cantidad y la calidad de los cultivos cosechados.

En México las afectaciones en los cultivos de maíz a raíz de la variabilidad y el cambio climático significan un problema de seguridad alimentaria por la gran demanda de este grano ya sea para consumo humano, para la industria o para la ganadería. La demanda interna de maíz no solo presiona a la producción doméstica. México es uno de los principales compradores de maíz en el mundo, tan solo en 2011 se importaron casi 9.5 millones de toneladas (12 por ciento de las importaciones de los 20 principales consumidores), siendo el segundo país que más demandó este alimento, solo por debajo de Japón (FAO, 2014).

En el caso del estado de Michoacán, las actividades primarias, entre ellas la agricultura, aportan el 11 por ciento del PIB estatal (Inegi, 2014a). El maíz es uno de los cultivos más importantes en el estado, tanto por los volúmenes de producción (10 por ciento a nivel nacional lo que corresponde a un 1 millón de toneladas promedio anual durante el periodo 1980-2011, según SIAP, 2012), como por los más de 110 mil agricultores que actualmente lo siembran. Por lo anterior, es necesario conocer y evaluar a qué condiciones se enfrenta y se va a enfrentar la agricultura de maíz en Michoacán para así poder determinar las consecuencias sobre esta actividad económica y si los agricultores como sector productivo podrán o no responder a las nuevas condiciones climáticas de seguir sembrando el grano en el futuro cercano. Al diagnosticar la medida en que los agricultores son o no capaces de adaptarse al CC, permite conocer las necesidades para hacer frente a dichas perturbaciones y así proponer algunas estrategias para la adaptación de ese sector para los próximos años.

## 6. Hipótesis

### a. Hipótesis principal

La variabilidad climática y los eventos extremos afectan los rendimientos del maíz en el estado de Michoacán. Los escenarios de cambio climático indican aumentos en la variabilidad climática, más altas temperaturas y menos precipitación en el futuro cercano, por lo que se espera una reducción en los rendimientos del maíz en el estado.

## b. Hipótesis secundaria

El sector agrícola de maíz en Michoacán no cuenta con la capacidad adaptativa suficiente para afrontar los impactos potenciales de la variabilidad y el cambio climático, debido a las características socio-políticas que lo envuelven.

## 7. Estructura de la tesis

La presente investigación se ha estructurado en cinco capítulos y las conclusiones. En el primer capítulo se aborda el marco teórico sobre el cual se desarrolla esta tesis, el cual gira en torno a la teoría de la vulnerabilidad considerando impactos potenciales y capacidad adaptativa; esta última como resultado del contexto socio-político que ha envuelto al sector agrícola en México.

En el capítulo II se presentan la metodología y las bases de datos, donde se analiza la información disponible para llevar a cabo la evaluación. La metodología se desarrolla en tres etapas: en la primera etapa, de corte cuantitativo, se evalúan los impactos potenciales de la variabilidad climática en el periodo 1960-2010; la segunda de orden cualitativo se enfoca en la capacidad adaptativa ante esa variabilidad y la última etapa se refiere a los escenarios de CC en el futuro cercano y las tendencias de la capacidad adaptativa para el futuro cercano 2015-2039.

En el capítulo III se describen los requerimientos agroecológicos para un alto potencial de la cosecha de maíz; además, se presenta el calendario de la producción del grano en Michoacán. En el capítulo IV se presentan los resultados relativos a la relación clima-maíz, mientras que en el capítulo V se desarrollan los correspondientes a capacidad adaptativa. Finalmente se presentan las conclusiones a las que se llegó en esta investigación.

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO Y CONTEXTO SOCIO-POLÍTICO

### Introducción

En el presente capítulo se desarrollan el marco teórico sobre la teoría de la vulnerabilidad y el contexto socio-político de la agricultura en México. Con este propósito, se observa la siguiente estructura: en el primer apartado se presentan las distintas vertientes del estudio de la vulnerabilidad, donde se establece que la presente investigación sigue la línea del riesgo y la ecología política, ya que la vulnerabilidad se define en función de los impactos potenciales y de la capacidad adaptativa. En el segundo apartado se desarrolla el contexto socio-político de la agricultura en México, ya que se establece que la vulnerabilidad es una condición que se construye sobre la base de cómo las políticas agrícolas han generado que existan diferentes capacidades entre los agricultores, especialmente a partir de la apertura comercial. Finalmente se presentan las conclusiones del capítulo.

### 1.1. Marco teórico

La teoría de la vulnerabilidad<sup>9</sup> que plantea el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), según la cual, la severidad de los impactos de los eventos climáticos depende de los niveles de vulnerabilidad y exposición a éstos (IPCC, 2011). La vulnerabilidad se estudia desde diferentes perspectivas, según Eakin y Luers (2006) se pueden distinguir tres líneas de investigación:

---

<sup>9</sup> Si bien esta teoría será el eje en el desarrollo de la investigación, es necesario aclarar que en este trabajo se abordarán los impactos potenciales y la capacidad adaptativa pero sin llegar a una evaluación integrada de vulnerabilidad, pues el tiempo que se dispone para realizar esta tesis no es suficiente para llevar a cabo todos los análisis.

- a) Estudios sobre el riesgo: considera las amenazas biofísicas, las consecuencias que se pueden esperar y dónde pueden ocurrir dichos impactos. Los resultados negativos se expresan en función de los factores biofísicos y el potencial de pérdida de una población específica expuesta a ellos.
- b) Economía política/ecología política: la primera enfatiza los factores sociopolíticos, culturales y económicos que generan diferencias en el grado de vulnerabilidad en una población en particular. La vulnerabilidad se considera no como un resultado, sino como un conjunto de condiciones dinámicas influidas por las inequidades en el acceso y la distribución de los recursos, las oportunidades, la dominación social y la marginalización. En tanto la ecología política, si bien comparte el enfoque de la economía política considerando los procesos políticos, económicos y sociales que rodean las interacciones humano-ambientales, este enfoque también supone las dinámicas biofísicas y cómo éstas se reflejan en la toma de decisiones.
- c) Resiliencia ecológica: explica la vulnerabilidad como una propiedad dinámica del sistema socio-ambiental. La resiliencia es la habilidad para recuperarse y absorber los cambios tratando de mantener las mismas relaciones dentro del sistema.

Para el desarrollo de la presente investigación se utiliza una combinación de los enfoques de estudios sobre el riesgo y ecología política<sup>10</sup>, abordando tanto las dinámicas biofísicas como los factores socio-políticos que rodean el sistema socio-ambiental de la agricultura de maíz, de esta forma se define la vulnerabilidad en función del impacto potencial (exposición y sensibilidad) y la capacidad adaptativa del sistema, éste último concepto se explica más adelante.

$$\text{Vulnerabilidad} = f(\text{Exposición, Sensibilidad, Capacidad adaptativa}) \quad (\text{Ec. 1})$$

---

<sup>10</sup> El enfoque de la ecología política que se abordará en este estudio se focalizará en la evaluación general del contexto socio-político, sin profundizar en cuestiones de justicia social, ni ahondar en las condiciones económicas, políticas y sociales.

### 1.1.1 El impacto potencial

Los impactos potenciales son aquellos que posiblemente ocurran de no tomarse ningún tipo de acción adaptativa ante las perturbaciones. El impacto potencial contempla dos elementos: la exposición y la sensibilidad (Monterroso *et al.*, 2012):

- **Exposición:** en este estudio se define como el grado de estrés climático que se ejerce sobre una unidad de análisis. Se evalúa a través de la variabilidad climática y por la ocurrencia e intensidad de eventos extremos (valores climáticos superiores o inferiores a cierto umbral de valores observados en una variable) y algunos que no son necesariamente extremos, pero que se relacionan con la acumulación de varios eventos durante un periodo y que llegan a afectar al sistema.
- **Sensibilidad:** es el grado en que un sistema puede ser modificado o afectado por una perturbación. Contempla las condiciones humanas y ambientales que pueden aumentar o disminuir por la ocurrencia o intensidad de un evento que cause daño. En este caso, se considera que algunos factores climáticos modulan parcialmente la fenología de maíz, los cuales pueden repercutir en el rendimiento agrícola. Por el lado social, se consideran los atributos del sistema que influyen en el sector del maíz y que bajo ciertas condiciones pueden experimentar daños por efectos de clima, por ejemplo, la diversidad del sector agrícola en cuanto al origen de sus ingresos.

#### 1.1.1.1. Variabilidad y cambio climático (CC)

Para efectos de la presente investigación, es necesario diferenciar la variabilidad climática del cambio climático (CC), pues ambos pueden favorecer o causar estrés en el maíz dependiendo de la etapa fenológica en la que ocurran y de la persistencia del evento.

El clima se define como “...el *conjunto promedio de los estados de la atmósfera (temperatura, viento, precipitación, radiación solar, humedad, etc.) en un cierto periodo de*

*tiempo (más de treinta años) en un lugar dado o en todo el globo”* (Acot, 2005 citado por Sánchez *et al.*, 2011:9).

Al observar el registro histórico del clima, se reconocen variaciones del estado medio y de otros parámetros estadísticos (desviación típica, sucesos extremos, etc.) en diferentes escalas espaciales y temporales. Estas oscilaciones que ocurren en un periodo dado conforman la variabilidad climática observada, la cual para efectos de esta tesis la consideramos como de origen natural. Por su parte, las tendencias del clima en las últimas décadas, las cuales se atribuyen en un 95 por ciento a la acción humana (IPCC, 2013) debido a la emisión de gases<sup>11</sup> que intensifican el efecto invernadero (GEI) en la atmósfera, son una manifestación del CC global (IPCC 2007).

### 1.1.2. La capacidad adaptativa

Para conocer las repercusiones del CC es necesario complementar los resultados de los impactos climáticos con la capacidad adaptativa del sector a las posibles perturbaciones (Nelson *et al.*, 2010). La capacidad adaptativa es la capacidad de un sistema para responder ante una perturbación y reducir los impactos potenciales (Monterroso *et al.*, 2012); se refiere a un conjunto de capacidades, recursos e instituciones de un país o región que permitirían implementar medidas de adaptación eficaces (IPCC, 2007).

Ellis (2000) propone el análisis de la capacidad adaptativa por los medios de subsistencia rural<sup>12</sup>, donde la capacidad de adaptación queda como propiedad emergente de la diversidad de bienes y actividades de los que se derivan los medios de vida rurales, y la flexibilidad de sustitución entre los activos y actividades en respuesta a las presiones externas. Los medios de vida se expresan en cinco tipos de capital. Nelson *et al.* (2010), empleando la teoría de medios de vida y aplicándola a un análisis de adaptación en el sector rural, definen estos capitales de la siguiente manera:

---

<sup>11</sup> Estos gases son conocidos como gases de efecto invernadero (GEI); los más importantes son el bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>), el vapor de agua y el ozono (O<sub>3</sub>) (Sánchez *et al.*, 2011).

<sup>12</sup> El trabajo de Ellis (2000) es pensado para la capacidad de la vida rural frente a diversos estresores, entre los que figuran los de tipo ambiental como el cambio climático.

- Capital humano: las habilidades, la salud (incluida la salud mental) y la educación de las personas que contribuyen a la productividad del trabajo y a la capacidad de gestión de la tierra.
- Capital social: las relaciones sociales que facilitan la acción cooperativa y la vinculación a través de la cual las ideas y los recursos son accedidos.
- Capital natural: recursos climáticos, hídricos y biológicos que contribuyen a la productividad agrícola actual y futura.
- Capital físico: los bienes de capital, pueden incluir infraestructura, equipamiento y mejora de los recursos genéticos (cultivos).
- Capital financiero: recursos financieros a los que se tienen acceso.

Aunque la teoría de medios de vida típicamente se aplica a hogares rurales como unidades de análisis, en este estudio se propone utilizar este marco analítico para evaluar la capacidad adaptativa del sector agrícola del maíz en Michoacán; esto es, en lugar de evaluar la existencia de capitales en hogares, la meta es una evaluación cualitativa de indicadores más agregados a nivel municipal, estatal y sectorial.

Siguiendo el enfoque de ecología política para efectos de la evaluación de la capacidad adaptativa, tanto los medios de vida (los capitales explicados anteriormente) como la sensibilidad (factores humanos) son producto de las relaciones sociales en el contexto histórico de la política del campo mexicano y su dinámica hacia el futuro, por lo que se explican a partir de la evaluación de dicho contexto y de las tendencias que se observan en el presente.

## 1.2. El contexto socio-político: La política agrícola

Siguiendo la teoría de la vulnerabilidad, el conjunto de características que conforman la capacidad adaptativa y la sensibilidad en su componente humano deben entenderse como resultado del contexto socio-político que ha rodeado a la producción agrícola en México, ya que las políticas facilitan o limitan la capacidad de afrontar los desafíos climáticos (Eakin, 2005).

Las principales reformas en la política agrícola en México responden a un cambio en las estrategias de política pública impulsadas por el gobierno mexicano hacia el neoliberalismo en la década de los ochentas. En el sector agropecuario, se manifiesta en una reorientación en los programas públicos hacia la gestión de exportación y el desarrollo de agronegocios, y un retiro de intervenciones directas del estado en la compra y venta de productos y la provisión de servicios agropecuarios (crédito, seguro, asistencia técnica).

Las principales reformas de los noventa aplicadas al campo mexicano consisten en la disolución de la Compañía Nacional de Subsistencias Populares (Conasupo)<sup>13</sup> en 1999, desaparición y venta de empresas públicas relacionadas con la alimentación, eliminación de los precios de garantía y de los subsidios a los insumos para la producción agrícola, reducción del crédito oficial a la agricultura (por medio de Banrural), reformas al artículo 27 de la Constitución Política<sup>14</sup> en 1992, liberalización de comercio tras el Acuerdo General de Aranceles Aduaneros y Comercio (GATT) y la firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (NAFTA por sus siglas en inglés) en 1994 (ver tabla 1.1).

A partir del año 2000, las principales modificaciones a la política agrícola mexicana son la liquidación de Banrural y su sustitución por Financiera Rural y la conversión de Procampo en Proagro Productivo (abordadas en el apartado 1.2.2).

Para entender cómo estas reformas construyen los contextos de vulnerabilidad actuales, se requiere analizar cómo fue el proceso histórico que ha seguido la política agrícola nacional, para lo cual se identifican dos etapas: la primera se enfoca a las reformas en torno a la apertura comercial acordada con el NAFTA y la segunda se refiere a la política agrícola actual.

---

<sup>13</sup> Las funciones de la Conasupo consistían en comercializar el arroz, cebada, frijol, maíz, oleaginosas, sorgo, trigo y leche en polvo, intervenir en el precio de los mismos y abastecer de alimentos a ciertos sectores de la sociedad (*Ibíd.*, 2004).

<sup>14</sup> Se posibilita la privatización de los derechos de propiedad de la tierra en el sector ejidal, previo un proceso de decisión de la asamblea y según la modalidad que corresponda al tipo de tierra (parcelas, uso común, etc.)

**Tabla 1. 1: Principales reformas a las políticas agrarias 1985-1999**

<b>Años</b>	<b>Política</b>	<b>Descripción</b>
<b>1986-1994</b>	Adhesión de México al GATT; liberación del comercio agropecuario	Entre 1990 y 1991 los permisos para importar productos agrícolas son eliminados. Entre 1991 y 1994 la mayor parte de los productos provenientes del agro son sujetos al régimen de aranceles del rango 0 al 20 por ciento.
<b>1988-1989</b>	Reforma institucional y redimensión del Estado	Las compañías estatales que se ocupaban de la venta de semillas y fertilizantes y del almacenaje de productos son privatizadas.
<b>1992</b>	Reformas al artículo 27 constitucional (Ley agraria)	La reforma de marco jurídico agrario termina formalmente el sistema de redistribución de la tierra. Garantiza la decisión y gestión de los ejidos y de sus integrantes. Concede definitividad a los derechos individuales de los ejidatarios.
<b>1994</b>	Tratado de libre comercio de América del norte (NAFTA, por sus siglas en inglés)	Define condiciones de acceso a los mercados y subsidios a la exportación. Eliminación de permisos previos de importación y de arancelización. El gobierno mexicano incluye dentro del acuerdo de cuotas-tarifa (aplicar tarifas cuando las importaciones excedan la cuota) al frijol, el maíz y la cebada. Para los dos primeros cultivos se establece un periodo de 15 años, durante el cual las tarifas se irán reduciendo y las cuotas aumentando paulatinamente. Sin embargo desde que entra en vigencia el NAFTA y hasta el 2000 México no cobra tarifas cuando las importaciones de maíz superaron la cuota (hasta 2002, Manuel Ángel Gómez y Rita Schwentesius, (2003), calculan la pérdida fiscal por la falta de cobro de tarifas en las importaciones de maíz en 2,900,312,544 dólares).
<b>1994-en adelante</b>	Procampo	Pagos directos a los productores de cultivos básicos, que los compensan por la pérdida de ingresos, subsidios, apoyos a los precios y protección de las importaciones.
<b>1991 en adelante</b>	Eliminación de los apoyos a precios de los productores.	A partir de 1991 se eliminan los precios de garantía para trigo, sorgo, soya, arroz, cebada, cártamo, ajonjolí y girasol, y solo permanecen hasta 1999 los de maíz y frijol. Los precios de la mayoría de los granos se determinan a partir de sus referencias internacionales.
<b>1995 en adelante</b>	Alianza para el campo	Programas de apoyo a productores con potencial productivo, para competir en una economía abierta. Tiene como objetivo aumentar el ingreso de los productores, mejorar la balanza comercial, hacer crecer la producción de alimentos al doble de la tasa de crecimiento poblacional y consolidar la seguridad alimentaria del país. Operación federalizada, cada estado es responsable de la aplicación de los programas de Alianza. Los principales programas son: Procampo, Produce y "Kilo por kilo".

Fuente: Yúñez Naude, *et al.*, 2004

### 1.2.1. Reformas en torno a la apertura comercial

Hasta antes de 1994, las importaciones agrícolas son realizadas vía Conasupo<sup>15</sup> para garantizar el abasto de alimentos al interior del país; sin embargo, al iniciarse la transición hacia una economía neoliberal, las importaciones de maíz (principalmente proveniente de Estados Unidos) compiten directamente con la producción nacional, lo que afecta a los agricultores mexicanos (*Ibíd.*, 2004).

En 1999 se decreta la extinción de Conasupo (DOF, 24 de mayo de 1999) en medio de un escándalo de corrupción, dejando a los pequeños productores con pocas opciones de mercado (Eakin, 2005). Adicionalmente al suprimir los precios de garantía<sup>16</sup> a los cultivos básicos, ahora éstos siguen de cerca a las tendencias internacionales (*Ibíd.*, 2006), lo que hace más sensible al sector, que es menos productivo que sus socios comerciales del NAFTA. En relevo de las principales funciones de Conasupo, se crea Aserca (DOF, 16 de abril de 1991) como un órgano de apoyo en la comercialización agropecuaria frente a la apertura comercial en ese entonces, centrando sus apoyos en los grandes productores comerciales de cultivos básicos, especialmente al hacerse evidentes los problemas de venta de granos tras la apertura comercial (Yúnez, 2006).

Una de las reformas más importante en materia agrícola se suscita en 1992 con la reforma al artículo 27 constitucional (DOF, 06 de enero de 1992), con lo cual se espera dar seguridad jurídica<sup>17</sup> a la propiedad de la tierra y de esa forma fomentar el uso más productivo de la misma (Yúnez, 2006); sin embargo algunos expertos consideran esta acción como un intento de excluir las unidades de producción ineficientes del sector para reducir la proporción de la población involucrada en actividades agrícolas (Eakin, 2005).

En el caso del financiamiento, Banrural es objeto de reestructuración a principios de los noventa, con el objetivo de dirigir sus créditos a agricultores considerados comercialmente

---

<sup>15</sup> Según Yúnez y Barceinas (2000), hasta 1989 Conasupo es responsable de entre el 99.9 y el 83 por ciento de las importaciones de maíz, las cuales representan entre el 0.11 y 0.22 del Producto Interno Agropecuario

<sup>16</sup> Se aseguraba un precio mínimo a los productores mediante políticas que también buscaban que dichos precios fueran accesibles a los consumidores de bajos ingresos. El objetivo era proteger a los productores de una caída de precios en caso de que la producción excediera significativamente a la demanda (Santoyo, 1977).

<sup>17</sup> Esta tarea fue realizada con el Programa de Certificación de derechos ejidales y titulación de solares (Procede, el cual ahora es llamado Fondo de Apoyo para los Núcleos Agrarios sin Regularizar-FANAR)

viabiles, con lo que se eliminan de sus listas de beneficiarios a más de 27 mil ejidos, los cuales no solo pierden la posibilidad de acceder a crédito, sino además quedan privados del acceso a los seguros de los cultivos (Eakin, 2005).

Con las reformas de los noventa se modifica la geografía de la oferta interna de maíz: si bien antes de esa década los principales productores son los estados de Jalisco, México y Chiapas, en años recientes la región norte y norte-occidente, principalmente Sinaloa se han convertido en la región maicera más importante del país, debido a las políticas y subsidios que este estado ha recibido y que han contribuido a la inversión y a los altos rendimientos de las tierras irrigadas (Appendini, 2014). Sin embargo, la producción de maíz de temporal sigue con poca disminución en la superficie, lo cual indica que el cultivo continua su función económica y social en la vida rural en zonas temporaleras (Sweeney et al. 2013).

Como medida compensatoria ante las reformas surge Procampo, el cual funciona por medio de transferencias de ingresos a los dueños de tierras que se dedican a la producción de cultivos básicos: cebada, frijol, maíz, algodón, arroz, sorgo, soya, cártamo y trigo. Mientras que Aserca se enfoca a los grandes productores, Procampo incluye a los pequeños y a los de subsistencia (antes ignorados por Conasupo). Sin embargo, la cantidad que se transfiere a los agricultores tiene relación con las hectáreas, y es la misma independientemente de la productividad, por lo cual los mayores beneficiarios son aquellos que poseen grandes extensiones de tierra (es de carácter regresivo) (Yúnez et al., 2004 y Yúnez, 2006).

Las medidas compensatorias para los productores de granos básicos implementadas a raíz de las reformas de los noventa tienen su raíz en el ambiente político: las organizaciones campesinas son consideradas una constitución importante de los votantes del partido en el poder (PRI), y las cuestiones de modificaciones al art. 27 y el NAFTA son cuestiones sensibles que exigen celebrar negociaciones y medidas para atenuar sus efectos negativos (Appendini, 2014).

No obstante, el acceso a esos programas tiene cierto grado de restricción, pues los requisitos de elegibilidad implican altos costos de transacción (organización entre ellos y proporcionar la documentación para la elegibilidad) para los agricultores que desean acceder a los apoyos. Así mismo, algunos de los programas pretenden involucrar en mayor

medida a los agricultores en los montos de inversión, lo que ha generado que sean los grandes productores los que puedan tomar ventaja de este tipo de apoyos, bajo la lógica de las políticas neoliberales de que los agricultores comerciales son los únicos con la capacidad de contribuir con las necesidades agroalimentarias internas (Eakin *et al.*, 2014a).

La política agrícola se plantea de forma tal que beneficie particularmente a los grandes productores, en tanto que los pequeños y medianos agricultores se insertan en los programas sociales de asistencia o en los de reconversión productiva, tratando de generar dos alternativas enfocadas en el abandono del cultivo de maíz: ejercer actividades no agrícolas o realizar cultivos más rentables (Eakin *et al.*, 2014a). Los campesinos ya no categorizan como agricultores, ahora se definían como pobres (Appendini, 2014).

### 1.2.2. Política agrícola actual

La incertidumbre en el mercado internacional de granos y los efectos negativos del clima sobre la producción nacional de maíz enfatizan la vulnerabilidad de la oferta de alimentos en el contexto del régimen neoliberal prevaleciente desde la década de los noventa (*Ibíd.*, 2014); incluso a la fecha han permanecido en operación los programas que nacieron en dicho periodo. Cuando Procampo es creado, se estipula que el programa tendría una duración de hasta 15 años (hasta el 25 de julio de 2009) (DOF, 25 de julio de 1994), sin embargo algunos años después continúa operando, hasta que en 2013 se emite un decreto en el que se modifican las reglas de operación del Procampo, dando lugar a Proagro Productivo (DOF, 11 de junio 2013 y 18 de diciembre de 2013).

Al contemplar como sujetos de apoyo a todos los productores, ya sean comerciales o de autoconsumo (mientras que los demás programas se enfocan solo en los primeros), se entiende el porqué de la prórroga de la existencia de Procampo y su continuidad bajo la figura de Proagro, pues las transferencias se convierten en la principal (y quizá única) fuente de financiamiento para un gran porcentaje de los agricultores, lo que promueve una dependencia respecto de los recursos (incentivado por la falta de seguimiento que se da al uso de los mismos).

Los principales programas agrícolas vigentes actualmente parecen conservar la predilección hacia los grandes productores. En el caso de Proagro Productivo, si bien se pronuncia a favor de los agronegocios, se retoman los padrones de beneficiarios de su antecesor Procampo, con la (única) diferencia de que los beneficiarios deberán acreditar el uso que se hace de los recursos (Sagarpa, 2014).

En el caso de los créditos, la figura de Banrural se encuentra en proceso de liquidación<sup>18</sup> y es sustituida por la de Financiera Rural (DOF, 26 de diciembre de 2002), instancia sectorizada en la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) para colocar crédito en la agricultura comercial a través de diversos instrumentos financieros como seguros, futuros, entre otros (Financiera Rural, 2012). Esta evolución condiciona el capital financiero del sector agrícola y perjudica a los pequeños productores que no son elegibles de este tipo de financiamiento.

### 1.2.3. Implicaciones de la política agrícola en la vulnerabilidad ante eventos climáticos

Retomando la teoría de la vulnerabilidad (tanto la sensibilidad en su componente humano, como la capacidad adaptativa conformada por los cinco tipos de capitales propuestos por Nelson *et al.*, 2010), la política agrícola tiene las siguientes implicaciones:

- Sensibilidad en componente humano: al desaparecer la figura de los precios de garantía con Conasupo, se afecta la sensibilidad del sector agrícola mexicano, pues en el contexto de la apertura comercial, tienen que competir con el maíz importado proveniente de países (como Estados Unidos) más productivos y mejor subsidiados.
- Capital social: las reformas al art. 27 debilitan la estructura de la figura del ejido, lo que lleva a su vez al debilitamiento del capital social del sector, lo que se puede ver reflejado en el incremento a los costos de transacción para la organización entre agricultores para acceder a los apoyos (Eakin *et al.*, 2014a).

---

<sup>18</sup> Mayo de 2014, por decreto publicado en el DOF, el 26 de diciembre del 2002.

- Capital físico: el acceso al riego es un recurso ventajoso para los agricultores de granos básicos. La capacidad de incrementar la productividad hace posible acceder otros apoyos y oportunidades de mercados que no están al alcance de productores con menor productividad.
- Capital financiero: en las transferencias de recursos públicos se puede apreciar de forma más clara las repercusiones de las reformas agrícolas sobre la capacidad adaptativa de los agricultores. La desaparición de Conasupo y Banrural y la creación de Procampo han generado una divergencia cada vez mayor entre los grandes productores y los agricultores pequeños y medianos, los primeros beneficiados por una gran cantidad de programas a los que acceden precisamente por sus mejores condiciones productivas, en tanto que los segundos han sido relegados a una marcada dependencia de las transferencias vía Procampo o incluso como sujetos de programas asistencialistas de la política social (Fox y Haight, 2010).

Los capitales humano y físico sugieren que la capacidad adaptativa del sector agrícola no solo depende de la política planteada para este sector, sino que es producto de los resultados de otro tipo de programas, como los de acceso a la educación o de las concesiones de uso del agua, por lo que se hace evidente la necesidad de un trabajo inter-institucional (involucrando a diversas secretarías, los tres niveles de gobierno, el sector agrícola y a la sociedad en general) para enfrentar los retos del futuro, entre los que destaca el Cambio Climático<sup>19</sup>.

### 1.3. Conclusiones del capítulo

A partir de los planteamientos teóricos presentados en el apartado 1.1, se puede concluir que el grado un fenómeno afecta un sistema depende no solo de los impactos potenciales de ese evento (para interés de esta investigación, la variabilidad y el cambio climático), sino de

---

<sup>19</sup> Al respecto se tiene la Ley de Cambio Climático y la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, las cuales serán abordadas en el capítulo V como parte de las necesidades de adaptación para el futuro cercano.

las características y capacidades que, en este caso, el sector agrícola tenga para adaptarse y manejar los efectos. La magnitud de los daños que sufre un sistema queda entendida por medio del binomio impactos potenciales-capacidad adaptativa, de esa forma se logra el acercamiento a la realidad del porqué un mismo fenómeno puede tener diferentes grados de afectación.

En el caso del sector agrícola, las capacidades son el resultado de la política nacional que ha moldeado el sector: por un lado se pretende impulsar y beneficiar a los cultivos más rentables, toda vez que ambiciona que la oferta nacional se conforme solo con los agricultores más productivos y por otro lado continua con las políticas asistencialistas que permitan que los agricultores que son poco productivos y que siembran granos básicos como el maíz puedan continuar con su producción como una forma de subsistencia en medio de su nueva conceptualización política como pobres. Con esa orientación, la construcción y el fortalecimiento de capacidades parece encaminado a acentuar la divergencia entre grandes productores y pequeños agricultores.

Con base en los planteamientos anteriores se construye la estructura metodológica que guía esta investigación a partir del binomio impactos potenciales-capacidad adaptativa como una propuesta para que la evaluación de los impactos de la variabilidad y el CC sea integral.

## **CAPÍTULO II METODOLOGÍA Y BASES DE DATOS**

### Introducción

En este capítulo se expone el desarrollo metodológico de la presente investigación. La estructura del capítulo es la siguiente: en el primer apartado se explica la metodología construida para probar las hipótesis, la cual se divide en tres etapas: la primera parte de la metodología se enfoca en la relación clima-maíz, la segunda en la capacidad adaptativa y la última se orienta a las proyecciones de CC y las necesidades de adaptación. En la segunda parte de este capítulo, se describen las bases de datos de las que se obtuvo información y se menciona cómo se usan para aplicar la metodología. En el apartado final se presentan las conclusiones del capítulo.

### 2.1. Metodología

La delimitación espacial del estudio es el estado de Michoacán. Se utilizan datos climáticos observados de 1960 a 2010 para evaluar la variabilidad climática y salidas de modelos globales de 2015 a 2039 para analizar los escenarios de CC. El sujeto de análisis es el sector agrícola de maíz de Michoacán incluyendo a los agricultores como sus integrantes. Para dar cumplimiento a los objetivos planteados y comprobar las hipótesis de la Introducción, se sigue una metodología que se compone de tres etapas en atención a la estructura teórica expuesta en el Capítulo I:

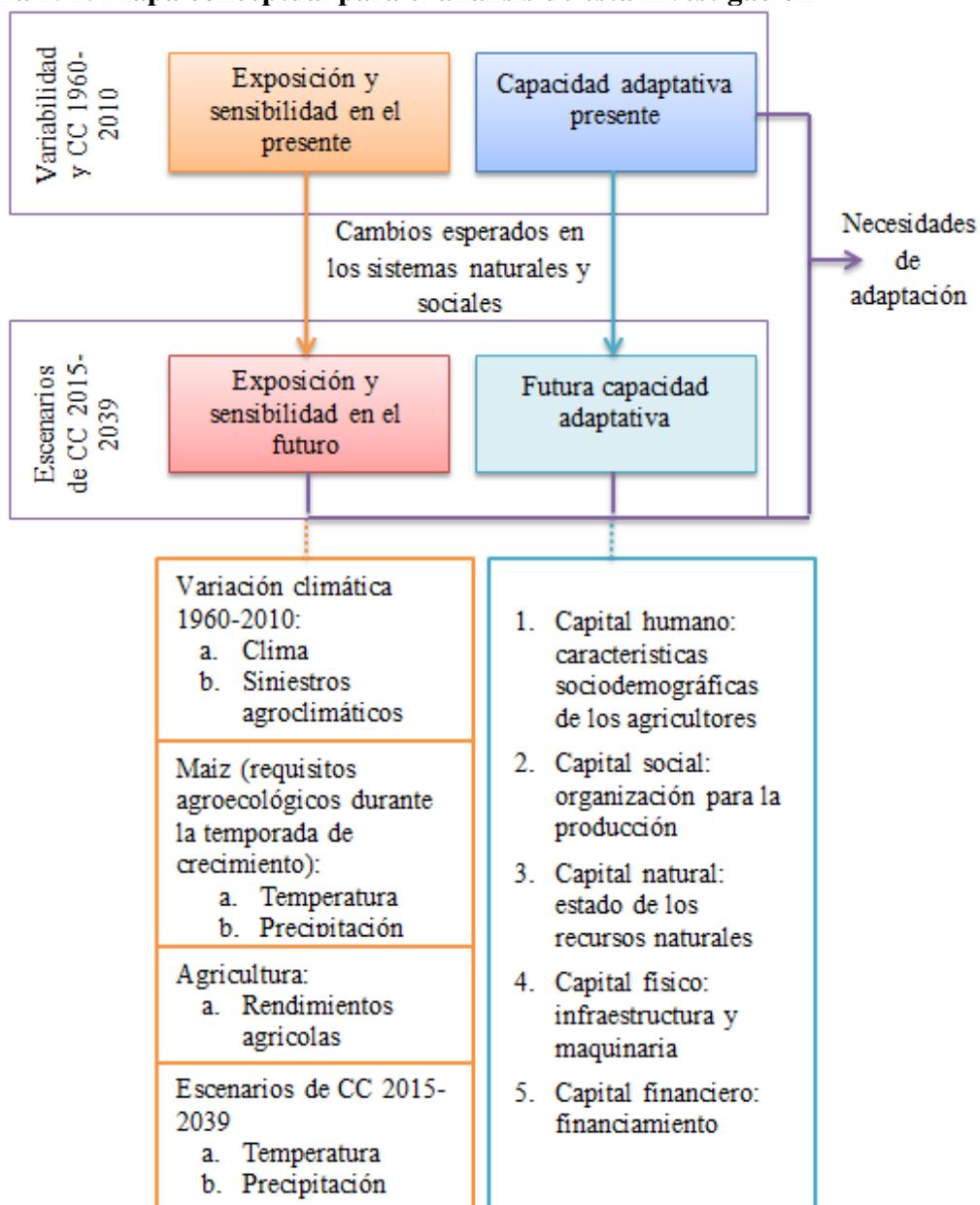
1. Evaluación de los impactos potenciales (exposición y sensibilidad) de la variabilidad y el CC sobre los rendimientos (ton/ha) de producción de maíz en Michoacán durante el periodo 1960-2010.

2. A partir de los resultados de la etapa anterior se evalúa la capacidad adaptativa del sector agrícola ante los impactos potenciales, por medio de los cinco tipos de capitales mencionados en el capítulo I.
3. En la tercera etapa se estiman los cambios esperados en los rendimientos según los escenarios de CC para Michoacán en el futuro cercano (2015-2039) y se analizan las necesidades de adaptación en el sector.

Las etapas que se proponen se visualizan en el mapa conceptual presentado en la figura 2.1 en donde se retoman los cinco tipos de capitales propuestos por Nelson *et al.* (2010) para medir la capacidad adaptativa a través de los medios de subsistencia rural propuestos por Ellis (2000), pero éstos se ofrecen para un análisis cuya unidad son los individuos; sin embargo, los objetivos de la presente investigación se abocan a un sector productivo específico, por lo cual estos capitales se adecúan a las características que tiene la agricultura del maíz en Michoacán.

La información empleada para la realización de esta investigación se obtiene de fuentes secundarias y a partir de un trabajo de campo realizado en dos etapas: julio de 2013 y Diciembre 2013/ Enero 2014 en los municipios de Morelia, Puruándiro, José Sixto Verduzco y Angamacutiro mediante entrevistas semi-estructuradas a agricultores y comisarios ejidales en esos municipios y funcionarios públicos de Sagarpa Michoacán y la Secretaría de Desarrollo Rural (Sedru) (ver tabla 2.1).

**Figura 2. 1: Mapa conceptual para el análisis de esta investigación**



Fuente: elaboración propia a partir del marco conceptual de Smith y Wandel (2006).

**Tabla 2. 1: Operacionalización de los conceptos y fuentes de información**

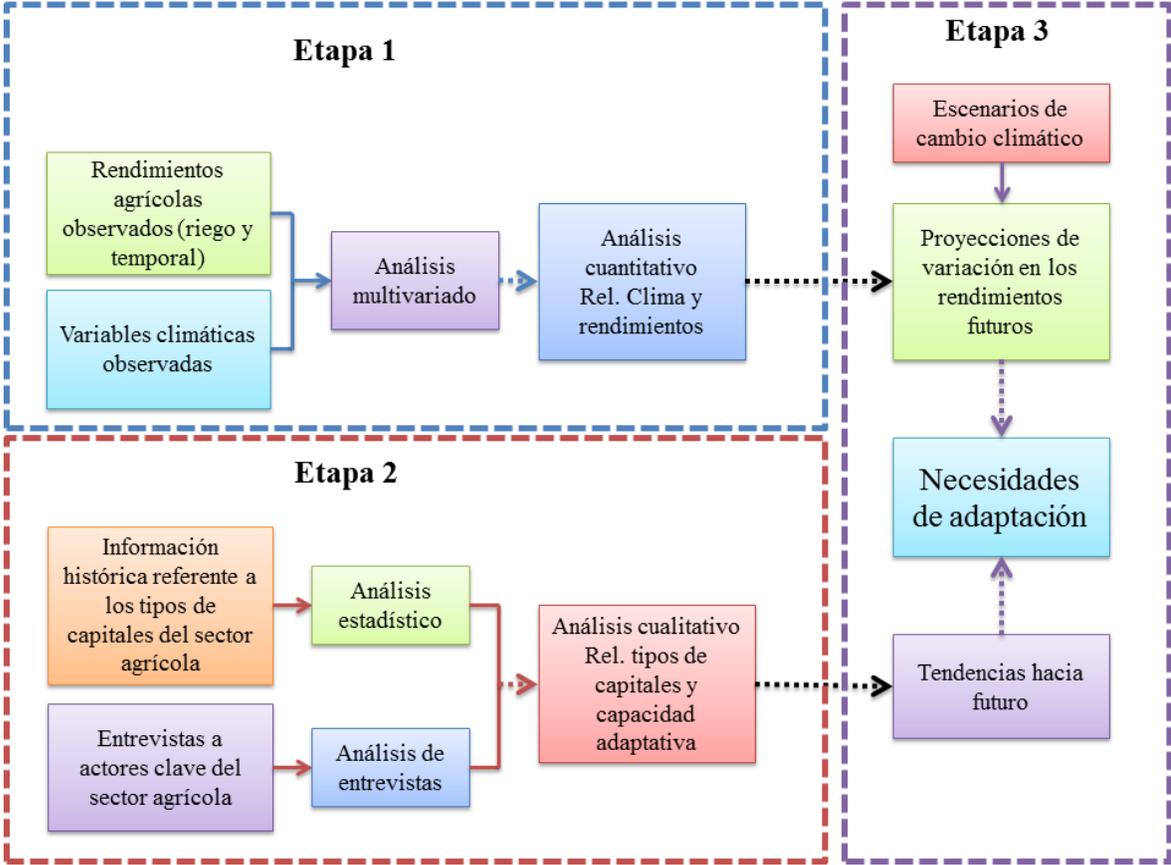
Conceptos		Dimensión	Variables	Indicadores	Fuente		
Teoría de la vulnerabilidad	Impactos potenciales	Exposición	Variación climática	Clima	Temperatura (T)	T prom anual y estacional (según la fenología del maíz)	Clicom
					Precipitación (P)	P prom anual y estacional (según la fenología del maíz)	
				El Niño/ La Niña	ONI ENSO Index	CPC	
			Agricultura	Producción	Superficie sembrada	Hectáreas sembradas	Inegi SIAP Sagarpa Entrevistas
					Superficie cosechada	Hectáreas cosechadas	
					Volumen cosechado	Toneladas	
					Valor de la cosecha	Miles de pesos	
				Rendimientos según cosecha	Rendimiento agrícola considerando la superficie cosechada	Toneladas/ Hectárea	
				Rendimientos según siembra	Rendimientos agrícola considerando la superficie sembrada	Toneladas/ Hectárea	
				Siniestros	Superficie siniestrada	Hectáreas siniestradas	
			Siniestros ocurridos		Tipo y no. de siniestros		
			Cambio climático	Escenarios de CC	Temperatura (T)	T prom anual y estacional	Cavazos <i>et al.</i> (2013)/ INECC
					Precipitación (P)	P prom anual y estacional	

Capacidad adaptativa	Sensibilidad	Factores naturales	Fenología del maíz (requerimientos agroecológicos)	Temperatura apropiada para altos rendimientos durante los meses de producción	No. de días que se observan la temperatura adecuada para alto rendimiento	INIFAP / Trigger de los apoyos de Agroasemex	
				Precipitación apropiada para altos rendimientos durante los meses de producción	Precipitación durante la temporada de crecimiento		
		Factores humanos	Diversidad del ingreso	Origen de los ingresos del productor	Ingresos según actividad		Inegi
			Ingreso por la producción de maíz	Valor de la producción	Precio Medio Rural Valor de la producción a precios constantes		
	Medios de vida	Capital humano		Caract. Socio-demográficas	Escolaridad	Inegi/ Sagarpa / Conagua / Entrevistas	
		Capital social		Organización	Unidades de producción integradas en organizaciones		
		Capital natural		Recursos naturales (agua)	Disponibilidad de agua para riego		
					Calidad del suelo		
		Capital físico		Maquinaria	Tractores y vehículos		
		Capital financiero		Financiamiento	Recursos Procampo (ahora Proagro)		
Seguros agroclimáticos							
Ahorro de los agricultores							

Fuente: elaboración propia

El análisis metodológico que se utiliza para evaluar la relación entre las variables climáticas, las variables relacionadas con la producción del maíz y los resultados de las entrevistas se muestra en la figura 2.2.

**Figura 2. 2: Diagrama metodológico**



Fuente: elaboración propia

2.1.1. Primera etapa: evaluación de los impactos potenciales

En la primera etapa se realiza un análisis lineal multivariado con el objetivo de encontrar la relación entre los rendimientos de la producción de maíz y la variación climática observada durante el periodo 1980-2008 en algunas estaciones localizadas en zonas maiceras del estado de Michoacán, las cuales se presentan en detall en el capítulo IV. Dicho periodo de análisis se estableció a partir de la información disponible de la producción de maíz en el

estado (1980-2012) y de los registros climáticos diarios existentes para el estado (1960-2008).

El modelo de regresión lineal que se utiliza en este trabajo es de la siguiente forma:

$$\text{Rendimiento del maíz} = f(\text{factores climáticos}) \quad (\text{Ec.2})$$

Se considera que la variable endógena (o dependiente) sea el rendimiento y no el volumen de producción, ya que este último puede modificarse en función de la superficie de uso agrícola, en tanto que el rendimiento puede reflejar de mejor manera cómo influye la variación climática en el cultivo de maíz. Las variables exógenas (o independientes) consideradas son la temperatura, la precipitación y el Índice Oceánico El Niño (ONI, por sus siglas en inglés) y se escogen a partir de los resultados de prueba y error al correr el modelo de rendimiento con diversas combinaciones de variables.

El rendimiento se considera a partir de la superficie sembrada y la superficie cosechada. Los datos de temperatura y precipitación se prueban con información anual, mensual, por trimestre (diciembre-febrero, marzo-mayo, junio-agosto y septiembre-noviembre) y por temporada de crecimiento del maíz (mayo-octubre), tanto en sus valores promedio como en el número de días que cumplen con los requerimientos agroecológicos que se presentan en el capítulo III. Los valores del índice del ONI considerados son para el periodo diciembre-enero-febrero dada la gran influencia invernal del fenómeno El Niño-Oscilación del Sur (ENSO) en México (Cavazos y Hastenrath 1990; Magaña 1997; Pavia *et al.*, 2006) previa al ciclo del maíz de primavera-verano<sup>20</sup>.

Las condiciones que se exigieron a los modelos de regresión lineal para su elegibilidad son:

- No correlación entre las variables exógenas

---

<sup>20</sup> En esta investigación se opta por desarrollar los modelos para el ciclo de producción primavera-verano, ya que la aportación del ciclo otoño-invierno es menor al cinco por ciento promedio anual en el periodo 1980-2012 en el caso de riego y 0.1 por ciento en el caso de temporal (estimaciones propias a partir de SIAP, 2013)

- Los mejores resultados de acuerdo a los coeficientes de correlación (R), de determinación ( $R^2$ ) y de determinación ajustado ( $R^2$  ajustada).
- Nivel de confianza de 95 por ciento (probabilidad inferior a 0.05)

Para el caso de todos los modelos, se comprueba que no exista una correlación entre las variables independientes (Tmáx contra Tmin y Precip contra ONI), por lo que mediante ejercicios de prueba y error se seleccionan los modelos que arrojan los mejores coeficientes de correlación y determinación.

En los modelos desarrollados, las variables Tmin y Tprom (esta última en sustitución de Tmáx y Tmin), no pasan la prueba de significancia al 95 por ciento, por lo cual se decide excluirlas de las regresiones; por tanto, los modelos elegidos tienen la forma general:

$$\text{Rendimiento} = f(\text{Tmáx}, \text{Precip}, \text{ONI}) \quad (\text{Ec. 3})$$

Dado que el coeficiente de la variable de precipitación fue muy bajo (alrededor de 0.002) en los modelos con los valores de Tmáx y Precip para periodo mayo-octubre, se opta por estandarizar los datos antes de correr los modelos. La estandarización se realiza por medio de la fórmula (F.1). Los modelos estandarizados mantienen los niveles de R,  $R^2$  y  $R^2$  ajustada de los primeros, además de que conservan el nivel de significancia al 95 por ciento.

$$\hat{X}_i = \frac{(X_i - X_{med})}{desv.estand} \quad (\text{F.1})$$

### 2.1.2. Segunda etapa: evaluación de la capacidad adaptativa

La evaluación de la capacidad adaptativa del sector agrícola del maíz en Michoacán se realiza contemplando tanto información estadística de fuentes secundarias, como información obtenida por medio de entrevistas a actores clave. A partir de los conceptos de

Nelson *et al.* (2010) asociados con los medios de vida planteados por Ellis (2000), se identifican las características del sector agrícola que describen el estado actual de los tipos de capital que conforman la capacidad adaptativa y su comportamiento histórico, asociándolo con el contexto de los cambios observados en las políticas agrícolas. Para ello se hace uso de los resultados del Censo Ejidal 2001 y 2007 y del Censo Agrícola 2007.

En algunos tipos de capitales se construyen índices sencillos que nos permiten realizar comparaciones entre los municipios<sup>21</sup> para observar los diferentes niveles de capacidades en el estado. Dichos índices se desarrollan como una proporción de los valores de cada municipio respecto a los valores más altos en el estado, de forma tal que un índice de 1.0 indica que el municipio tiene la mejor situación en el aspecto que se evalúa.

Con la información derivada de fuentes secundarias se ilustra el estado de la capacidad adaptativa del sector agrícola, pero para entender cómo es que esos capitales son utilizados para responder ante la variabilidad climática, se recurre a la aplicación de entrevistas a actores clave. El primer paso para aplicar las entrevistas es identificar a estos actores, tarea que se desarrolla en dos ámbitos: el sector público y los agricultores.

Se emplean entrevistas semi-estructuradas<sup>22</sup>, con el objetivo de contemplar cómo la intervención gubernamental contribuye a la construcción de la sensibilidad y la capacidad adaptativa del sector, especialmente mediante aportaciones a los capitales social, físico y financiero.

Como actores clave se reconocen a funcionarios de la Sagarpa, como representación del nivel federal en Michoacán y de la Sedru), como figura estatal. De la primera se eligen la dirección de Agricultura y la dirección de Planeación, y de la segunda, por recomendaciones de funcionarios de ambas secretarías, se contacta a un exfuncionario de Sedru con amplia experiencia en el tema.

Se utiliza información particular de tres municipios de la Región Bajío como representación de la situación del sector agrícola del maíz en Michoacán: Puruándiro, José Sixto Verduzco y Angamacutiro (ver mapa 2.1). Se elige esta región dado que los funcionarios públicos la

---

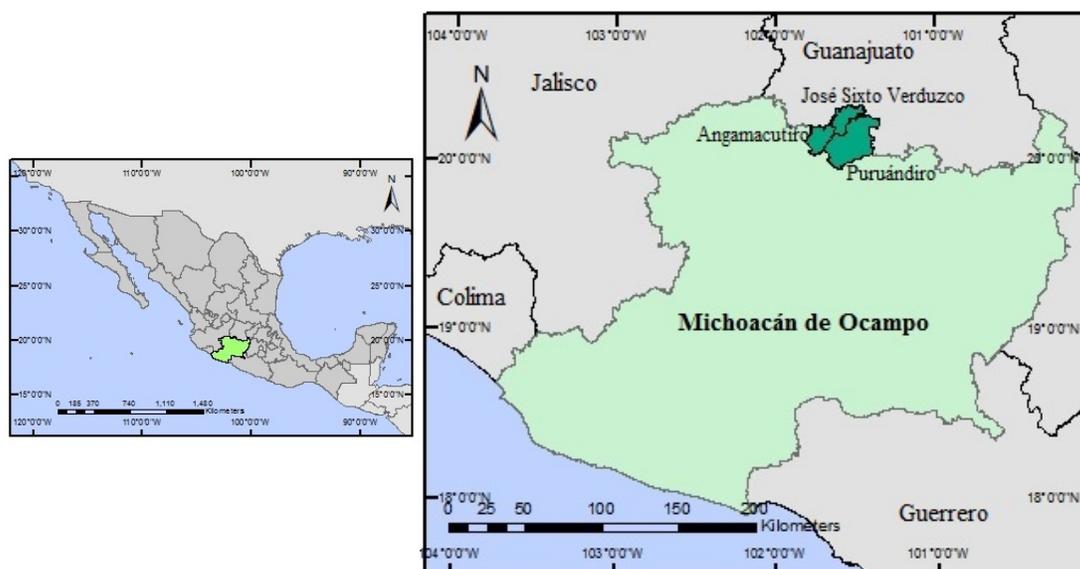
<sup>21</sup> La unidad de análisis es el estado de Michoacán, el cual está formado por 113 municipios

<sup>22</sup> Ver Anexo I y II

identifican como la más importante en la aportación a la producción estatal de maíz, lo que se confirma al observar que estos municipios produjeron el seis por ciento<sup>23</sup> del volumen total de maíz en el estado en 2012 (Inegi, 2013).

En estos municipios se aplican entrevistas semi-estructuradas para identificar cómo los ejidos y los agricultores reaccionan ante los siniestros agrícolas y para caracterizar los capitales humano, social, físico y financiero y la sensibilidad ante los eventos climáticos.

**Mapa 2. 1: Ubicación de la región de estudio con 3 municipios del estado de Michoacán (Angamacutiro, Puruándiro y José Sixto Verduzco) utilizados en esta tesis para evaluar la producción de maíz**



Fuente: elaboración propia sobre la base de Inegi, 2010.

Los actores clave de la región de estudio se clasifican en tres grupos:

- Comisarios ejidales de cada uno de los tres municipios, con el propósito de ilustrar el papel que juegan como representantes de los ejidos y como ventana de comunicación entre los agricultores y el sector público. En este caso en especial, se presenta la oportunidad de realizar una entrevista conjunta a los comisarios ejidales, lo cual se

<sup>23</sup> Se considera relevante esa aportación, pues tres municipios (de un total de 113 en el estado), que concentran el 3 por ciento de la superficie estatal sembrada con maíz (estimación propia a partir de Inegi, 2013), logran una contribución del seis por ciento a la producción estatal de dicho grano.

aprovecha para contraponer la experiencia de cada uno en los temas relevantes seleccionados en la entrevista.

- Agricultores de más de 60 años (entrevistas realizadas en julio de 2013), con el objetivo de identificar las principales variables climáticas y los cambios observados en las mismas de acuerdo a su experiencia en el cultivo de maíz.
- Agricultores menores de 60 años (realizadas entre diciembre de 2013 y enero de 2014), para conocer las perspectivas a futuro de los agricultores que podrían cultivar maíz en el futuro cercano.

Adicionalmente se contacta a un funcionario local del Centro de Apoyo al Desarrollo Rural<sup>24</sup> (Cader) en el municipio de Puruándiro, el cual apoya a varios municipios incluidos los de la región de estudio, con la finalidad de identificar cómo es el aterrizaje de los planteamientos a nivel estatal a los agricultores en las comunidades.

Las entrevistas aplicadas son:

- Agricultores: 13
- Comisarios ejidales: 3 (entrevista conjunta)
- Funcionarios públicos: 4

El análisis de la información sigue los pasos descritos por Rodríguez *et al.* (1999):

1. Separación en unidades (según criterios temáticos): se analiza la transcripción de las entrevistas para identificar los temas abordados por los entrevistados.
2. Identificación y clasificación de las unidades (categorización): las ideas expresadas en las entrevistas se agrupan en cada uno de los temas identificados. Resultan 20 categorías.
3. Síntesis y agrupamiento (meta-categorías): las categorías son agrupadas según el componente de la teoría de vulnerabilidad que correspondiera: impactos, sensibilidad (componente humano) o en capacidad adaptativa (los 5 tipos de capitales). La meta-categorización se presenta en la tabla 2.2.

---

<sup>24</sup> El Cader 25 abarca los municipios de Puruándiro, José Sixto Verduzco, Angamacutiro y Morelos.

4. Obtención de resultados y conclusiones: la información obtenida en las entrevistas es utilizada para complementar los datos estadísticos.

**Tabla 2. 2: Etiquetas para el análisis de las entrevistas**

<b>Metacategorías</b>
Categorías
<b>Impactos</b>
Granizada
Sequía
Ciclones
Lluvia intensa/ exceso de humedad
Heladas
Siniestros
<b>Sensibilidad</b>
Productividad
<b>Capital humano</b>
Características generales del agricultor
Capacitación
<b>Capital social</b>
Rol de los comisarios ejidales
Beneficios de los ejidos/asociaciones
Rol del gobierno
Co-participación gubernamental
<b>Capital natural</b>
Agua
<b>Capital físico</b>
Infraestructura/maquinaria
Semilla mejorada
<b>Capital financiero</b>
Seguros
Recursos
Apoyos económicos

Fuente: elaboración propia a partir de las entrevistas

Para evaluar cada tipo de capital se establecieron relaciones con cada variable (de los censos y de las entrevistas) según promovieran o limitaran la capacidad adaptativa. Estas correlaciones se presentan en la tabla 2.3.

**Tabla 2. 3: Relación de las variables de cada tipo de capital con la capacidad adaptativa**

<b>Tipo de capital</b> <b>Variable</b>	<b>Relación que guarda con la Capacidad adaptativa (CA)</b>
<b>Capital humano</b>	
Escolaridad del agricultor	Directa, mientras más agricultores tengan un mayor grado de escolaridad, aumenta su capacidad para implementar prácticas adaptativas en su forma de producir
Capacitación en temas relacionados con la agricultura	Directa, mejora la capacidad de responder a las variaciones climáticas y a los siniestros agroclimáticos
<b>Capital social</b>	
Presencia de ejidos/organizaciones agrícolas en el estado	Directa, mientras más agricultores estén incluidos en algún tipo de organización, esto facilita su acceso a los apoyos gubernamentales
Beneficios por asociación	Directa, si se generan beneficios a los productores por pertenecer a un grupo o asociación
Relación con el sector gubernamental	Directa, si la relación entre el sector gubernamental y los agricultores es constante y retroalimentaría, esto permite que el gobierno conozca las necesidades de los productores y a su vez, éstos se acercan a los programas de apoyo
<b>Capital natural</b>	
Superficie ensalitrada y erosionada	Inversa, reduce la facultad de adoptar medidas contra la variabilidad climática y a los siniestros en el terreno agrícola
Calidad del agua de riego	Directa, implica que se han adoptado medidas adaptivas para abastecer de agua de calidad a los cultivos
Concesiones de agua para uso agrícola	Directa, las concesiones de agua se relacionan con la disposición de agua para uso agrícola (siempre y cuando exista el recurso)
<b>Capital físico</b>	
Maquinaria e infraestructura	Directa, acorta los tiempos de producción, lo cual es benéfico si se siembra tarde (explicado en el cap. IV) o si es necesario volver a sembrar
<b>Capital financiero</b>	
Recursos Procampo	Directa, los recursos Procampo mejoran las posibilidad de los agricultores de realizar los gastos necesarias para sembrar (aunque pueden promover la dependencia respecto al recurso)
Superficie asegurada	Directa, al asegurar la superficie se reducen las pérdidas económicas ocasionadas por siniestros agroclimáticos, haciendo posible volver a sembrar
Créditos	Directa, los créditos permiten que los agricultores realicen los gastos necesarios en su producción
Ahorros de los agricultores	Directa, mejora su posibilidad de encarar las pérdidas por una mala cosecha o por siniestros agroclimáticos

Fuente: elaboración propia

### 2.1.3 Tercera etapa: escenarios futuros 2015-2039

En esta última etapa se trabaja sobre las proyecciones de CC para Michoacán y las tendencias en las características de la capacidad adaptativa del sector agrícola en el estado. Para las proyecciones se retoman los resultados del análisis multivariado desarrollado en la etapa uno para aplicar la información de los escenarios de CC, tanto de temperatura como de precipitación, derivados de los escenarios extremos de altas y bajas emisiones de GEIs desarrollados por Cavazos *et al*, 2013 y publicados por el INECC.

Los modelos estandarizados de la primera etapa fueron adecuados para la estimación de los rendimientos futuros, pues no hay una estimación precisa del comportamiento futuro del ONI, por ellos se desarrollan nuevos modelos donde se deja de lado al ONI.

A los modelos sin ONI se les aplicaron los valores climáticos históricos del promedio de los modelos globales, del REA<sup>25</sup>, ya que los escenarios de CC son construidos sobre esa base; esos valores fueron validados contrastándolos con los registros climáticos históricos observados del Clicom para el periodo 1961-2000, con lo que se concluye que la información es apropiada para la estimación de los rendimientos futuros.

Una vez que se estiman los rendimientos según esos datos, se comprueba su ajuste respecto de los rendimientos observados según SIAP, 2013 para el periodo 1980-2000; se concluye que el ajuste es el apropiado, por lo que se procede a la aplicación de los valores de las proyecciones bajo los escenarios RCP 4.5 (bajas emisiones) y RCP 8.5 (altas emisiones) para estimar rendimientos futuros. La variación en los rendimientos según los escenarios RCP, se calcula estimando la diferencia anual 2015-2039 respecto de los rendimientos promedio según el REA para el periodo validado (1980-2000).

En cuanto a la capacidad adaptativa, del comportamiento observado de cada tipo de capital del sector, se establecen de forma cualitativa las posibles tendencias para el periodo 2015-2039. Considerando esas expectativas y con base en los escenarios de CC y los

---

<sup>25</sup> REA (Método de ensamble ponderado) es la metodología empleada para integrar los 15 Modelos de Circulación General (MCG) con que se construyen los escenarios de CC para México. La información disponible es del periodo 1961-2000

rendimientos proyectados, se identifican las necesidades de adaptación del sector agrícola del maíz para responder al CC en el futuro cercano.

## 2.2 Bases de datos

En la presente investigación se utilizan las siguientes bases de datos:

- Base de datos climatológica nacional del Sistema CLICOM del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) mediante la plataforma en línea del CICESE, con datos diarios observados de estaciones de todo el país  
(<http://clicom-mex.cicese.mx>)
- Oceanic Niño Index (ONI)  
(<http://www.cpc.ncep.noaa.gov>)
- Escenarios de cambio climático del INECC a escala mensual con datos del ensamble promedio de los modelos globales (REA) para el periodo histórico 1961 a 2000 y escenarios RCP 4.5 y 8.5 con datos mensuales de 2015 a 2039  
(<http://escenarios.inecc.gob.mx>)
- Producción estatal del maíz de la base de datos del SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera)  
(<http://www.siap.gob.mx>)
- Censo Agrícola 2007  
(<http://www.inegi.org.mx>)
- Censos Ejidales 2001 y 2007  
(<http://www.inegi.org.mx>)
- Anuarios estadísticos de Michoacán  
(<http://www.inegi.org.mx>)
- Declaratorias de siniestros según Sagarpa (Proporcionadas por los funcionarios de la delegación Michoacán).

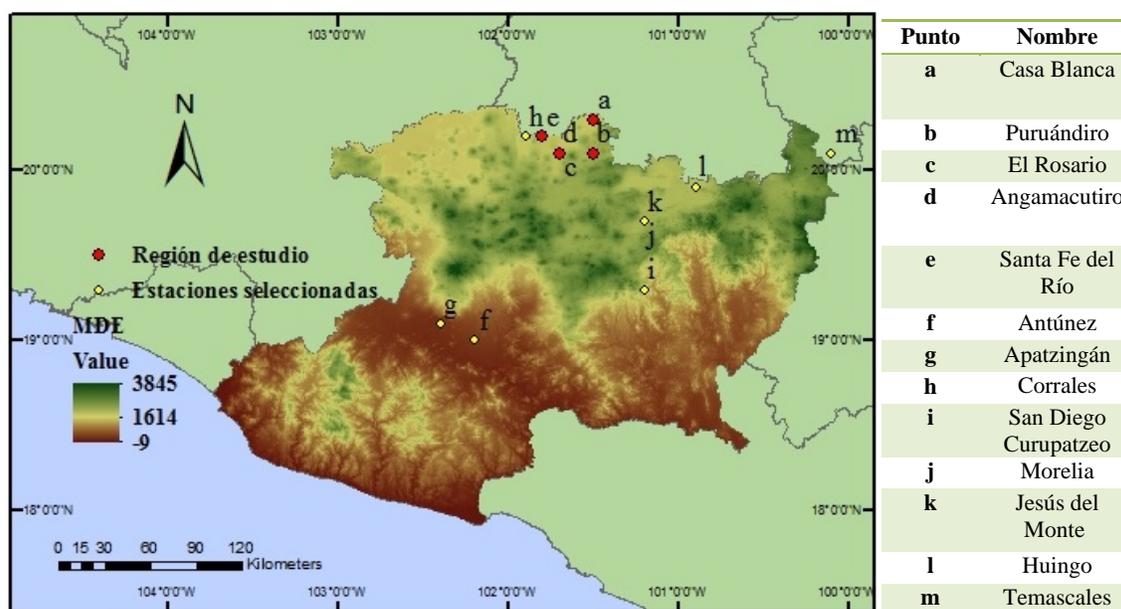
## 2.2.1. Datos climáticos observados

### 2.2.1.1. Clicom

El Clicom (CLImate COMputing project) contiene una base de datos diarios observados de estaciones climáticas superficiales de México que maneja el SMN. El CICESE administra dos portales virtuales de visualización y análisis del Clicom estaciones (<http://clicom-mex.cicese.mx>) y Clicom en malla (<http://clicom-mex.cicese.mx/malla>); del primer portal se recolecta información de las estaciones climáticas del estado de Michoacán con una temporalidad mayor a 25 años, seleccionando información mensual de temperatura máxima, mínima y promedio y precipitación.

De las 113 estaciones del estado, se eligen aquellas que tuvieran las series de tiempo más completas y con menos huecos en el periodo 1960-2010; al final se seleccionan 8 estaciones (puntos amarillos). Adicionalmente se incluyen las estaciones localizadas en los tres municipios de la región de estudio (puntos rojos, ver mapa 2.2).

**Mapa 2. 2: Localización de las estaciones climatológicas del estado de Michoacán utilizadas en esta tesis**



Fuente: elaboración propia a partir de Clicom, 2013 sobre la base de Inegi, 2010

De forma adicional, se emplea información del Clicom en malla para tener los registros diarios continuos y en forma espacial de 1960 a 2008. Con esta información se construyen dos bases de datos, la primera en la que se realiza un promedio de las variables climáticas durante el periodo de mayo a octubre (periodo de crecimiento del maíz) y la segunda donde se cuentan los días que observan temperaturas entre 18 y 26°C (adecuadas para un alto rendimiento de maíz). En el caso de la precipitación, se considera la suma de los registros diarios durante el periodo mayo-octubre y también el promedio anual durante el periodo 1960-2008.

#### 2.2.1.2. ONI

El fenómeno de El Niño/Oscilación del Sur (ENSO) se refiere a un calentamiento y enfriamiento periódico de las temperaturas superficiales del océano en el Pacífico ecuatorial entre los meridianos 180°W y 120°W. El periodo de calentamiento (enfriamiento) se denomina El Niño (La Niña) (CPC, 2014 y NOAA, 2014).

El Índice Oceánico de El Niño (ONI) se conforma a partir de las variaciones en la temperatura superficial del mar en la región denominada Niño 3.4<sup>26</sup>. Para identificar un evento El Niño (La Niña) se requiere que los promedios móviles de cinco periodos consecutivos de tres meses en esa región estén por encima del umbral de +0.5°C (por debajo de -0.5°C) (NOAA, 2014a).

#### 2.2.2. Escenarios de cambio climático

Para esta tesis se utilizan los escenarios de CC para México desarrollados como parte de los productos de la Quinta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (Cavazos *et al.*, 2013; <http://escenarios.inecc.gob.mx>). Los escenarios fueron desarrollados utilizando diferentes modelos de circulación global del

---

<sup>26</sup> Para mayor detalle ver <http://www1.ncdc.noaa.gov/pub/data/cmb/teleconnections/nino-regions.gif>

Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados Fase 5, (CMIP5, por sus siglas en inglés) del IPCC, los cuales se basan en proyecciones de cambios de gases de efecto de invernadero con diferentes trayectorias de emisiones durante el siglo XXI (*Ibíd.*, 2013).

Como resultado se presentan los escenarios denominados Trayectoria de Concentraciones Representativas (RPC, por sus siglas en inglés), los cuales se dividen en cuatro grupos según la radiación global de energía ( $W/m^2$ ) que podrían emitir los GEIs a finales del siglo XXI: RPC 2.6, RCP 4.5, RCP 6.0 y RCP 8.5 (*Ibíd.*, 2013). En esta tesis se utilizan dos escenarios extremos, el RCP4.5 (bajas emisiones) y RCP8.5 (altas emisiones) para evaluar los posibles cambios de la precipitación y la temperatura en el estado de Michoacán en el futuro cercano (2015-2039 con respecto a 1961-2000), así como la respuesta futura en el rendimiento del maíz de acuerdo a un modelo lineal. Para ello se hace uso de la serie histórica REA, esto con la finalidad de estimar las variaciones en los rendimientos a partir de la misma base sobre la que se construyen las proyecciones de CC.

### 2.2.3. SIAP

El Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) contiene información de los cultivos producidos en el país según el estado y el ciclo de producción. Para el interés de esta investigación se selecciona el cultivo de maíz grano de riego y de temporal para el periodo 1980-2011 considerando las siguientes variables: superficie sembrada, cosechada y siniestrada (hectáreas), producción (toneladas), rendimiento (toneladas por hectárea), precio medio rural (PMR en pesos por tonelada) y valor de la producción (en miles de pesos).

### 2.2.4. Censo agrícola 2007

En 2007, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi) realiza el VIII Censo agrícola, ganadero y forestal, cuyos objetivos son la captura de información estructural del sector agropecuario y forestal e información básica sobre las características económicas y

tecnológicas de las unidades de producción, así como la generación del directorio nacional de productores asociado al inventario de terrenos (Inegi, 2013).

La información retomada del censo agrícola que se utiliza en esta tesis es la de los tabulados básicos por entidad federativa (Michoacán), rescatando los siguientes temas: conformación de la unidad de producción, agricultura, tractores, vehículos y maquinaria, obtención de créditos, seguros, apoyos y ahorro, organización para la producción y mano de obra, capacitación y características sociodemográficas del productor. Esta información se emplea en la caracterización de la sensibilidad humana y la capacidad adaptativa del sector agrícola en Michoacán según los tipos de capital presentados por Nelson *et al.* (2010).

#### 2.2.5. Censo Ejidal 2007 y 2001

A la par del Censo agrícola de 2007 se realiza el censo ejidal, con el objetivo de obtener información de los ejidos y comunidades (Inegi, 2014). La información que se utiliza en esta tesis fue: superficie agrícola en las tierras parceladas, aprovechamiento de las tierras de uso común, características generales del ejido, vehículos y maquinaria agropecuaria, organización y capacitación. Respecto al Censo Ejidal 2001<sup>27</sup> se emplea la siguiente información: actividad del ejido, capacitación, organización y superficie agrícola. La información de ambos censos ejidales ayuda a la caracterización del capital social y físico del sector agrícola de Michoacán.

#### 2.2.6. Anuario estadístico de Michoacán

Para acceder a la información agrícola a nivel municipal se recurre a los anuarios estadísticos de Michoacán, de los cuales se obtiene información de 1987 a 2010. Con los anuarios también se construyeron las series históricas de algunas de las variables de capital

---

<sup>27</sup> Inegi hace mención de que ese año se debió de levantar un Censo Agropecuario, pero por problemas presupuestales sólo se realizó el Censo Ejidal.

físico (maquinaria por municipio) y financiero (apoyos del Procampo y superficie asegurada y monto de las primas) para el estado de Michoacán.

#### 2.2.7. Declaratorias de siniestro agroclimáticos atendidos por Sagarpa

Durante el trabajo de campo de diciembre 2013 a enero 2014 se logra el acceso a los registros de las declaratorias de siniestros emitidas por CNA con las que Sagarpa procede al pago de los seguros contratados. La información obtenida da cuenta de las sequías, lluvias torrenciales, inundaciones y granizadas registradas de 2003 a 2012 según los municipio afectados, tipo de siniestro, superficie y productores afectados y monto pagado según aportación federal y estatal.

### 2.3. Conclusiones del capítulo

La metodología que se ha descrito en este capítulo propone complementar el análisis cuantitativo de los impactos potenciales con la evaluación cualitativa de la capacidad adaptativa del sector maicero michoacano. Por un lado, la parte cuantitativa se aborda a través de la construcción de un modelo multivariado donde se relacionan las principales variables climáticas (T<sub>máx</sub> promedio y Precip total mayo-octubre y ONI DEF) con los rendimientos de la producción de maíz (riego y temporal); por otro lado, la parte cualitativa se nutre del acercamiento a los actores clave identificados y se apoya con la identificación de las tendencias históricas de las características que constituyen la capacidad adaptativa del sector en su conjunto.

Las bases de datos empleadas en esta investigación permiten el acceso a información detallada de los registros históricos y espaciales del clima, las proyecciones de CC y las características del sector agrícola desde su unidad básica: los agricultores. Se considera que la metodología construida y los datos empleados permiten el apropiado desarrollo de la investigación y dan sustento a los resultados y conclusiones que se obtienen.

# CAPÍTULO III

## FENOLOGÍA DEL MAÍZ

### Introducción

En este capítulo se presentan las características fenológicas del maíz y sus requerimientos agroecológicos como apoyo a la metodología para establecer la relación clima-maíz y como preámbulo a la presentación de los resultados de esta investigación. Con tales propósitos se observa la siguiente estructura: en la primera parte se abordan los periodos de crecimientos del maíz de forma que se establezca el calendario de la producción para Michoacán. En la segunda parte se describen las necesidades agroecológicas de este cultivo para delimitar las áreas en México que son favorables para el alto potencial del grano. Finalmente se presentan las conclusiones del capítulo.

### 3.1. Periodos de crecimiento

El maíz (*Zea mays L.*) es un cultivo originario de México y América Central, que se desarrolla en regiones tropicales, subtropicales y templadas. Tiene un periodo vegetativo que se calcula entre 80 y 140 días (INIFAP, 2011). Según el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT, 2013), las etapas de crecimiento del maíz son:

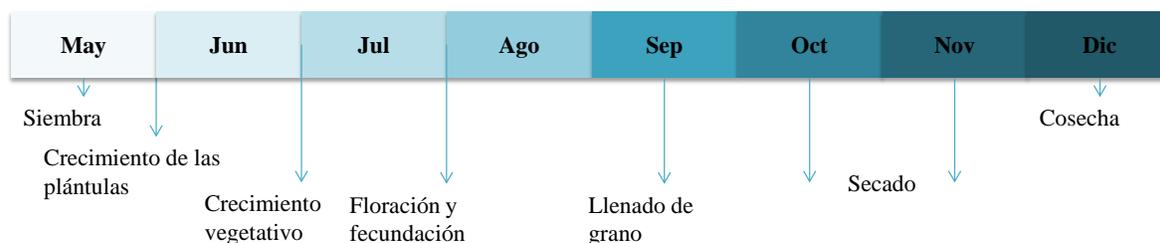
- Crecimiento de las plántulas (9 días<sup>28</sup>)
- Crecimiento vegetativo (54 días)
- Floración y fecundación (59 días)
- Llenado de grano y madurez (112 días).

---

<sup>28</sup> Número de días aproximado después de la siembra en tierras tropicales con temperaturas entre 22°C y 33°C; en ambientes más fríos se amplían estos tiempos.

Atendiendo a esta temporalidad y a las fechas observadas por los agricultores<sup>29</sup> del estado, se generó el calendario de la producción de maíz en Michoacán para el ciclo primavera verano. Como se observa en la figura 3.1, tradicionalmente<sup>30</sup> la siembra se realiza en el mes de mayo atendiendo a las primeras lluvias de la temporada, lo cual permite que en el mes de septiembre se tengan las mazorcas y los granos para cosechar en el mes de diciembre una vez que los granos estén duros<sup>31</sup>. Sin embargo, de acuerdo a los agricultores los periodos de siembra han cambiado aunque no especificaron desde cuándo<sup>32</sup>.

**Figura 3. 1: Calendario de la producción de maíz en Michoacán**



Fuente: elaboración propia a partir de información de entrevistas a agricultores realizadas en julio de 2013.

### 3.2. Requerimientos agroecológicos del maíz

Según el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP, 2008), el cultivo maíz muestra diferentes potenciales dependiendo de las condiciones agroecológicas que se observen en el ciclo de producción que va de mayo a octubre. Como se puede observar en la tabla 3.1, las condiciones óptimas para el cultivo de maíz son temperaturas que oscilan entre 18°C y 26°C y precipitación entre 400 y 700 mm; en tanto que las condiciones menos favorables son temperaturas inferiores a los 12°C y

<sup>29</sup> Según resultados del primer trabajo de campo realizado en julio de 2013.

<sup>30</sup> En las entrevistas, agricultores con más de 70 años de experiencia declaran que desde que eran niños recuerdan que se iniciaba con la siembra del maíz en mayo.

<sup>31</sup> En el caso de ciclo otoño-invierno, la siembra inicia entre octubre y noviembre

<sup>32</sup> Los agricultores señalan que en los últimos años las lluvias se han presentado con cierto retraso, por lo que las fechas de siembra se han retrasado al mes de junio y principios de julio, lo cual reduce el tiempo de secado, ya que la fecha de cosecha (diciembre) no se recorre; esto ocasiona que el grano esté aun blando cuando se recolecta (según información recabada en las entrevistas realizadas en julio de 2013).

precipitación menores a los 200 mm o mayores a 1,000 mm durante el periodo de crecimiento.

**Tabla 3. 1: Requerimientos agroecológicos del maíz de temporal durante el periodo de crecimiento de mayo a octubre**

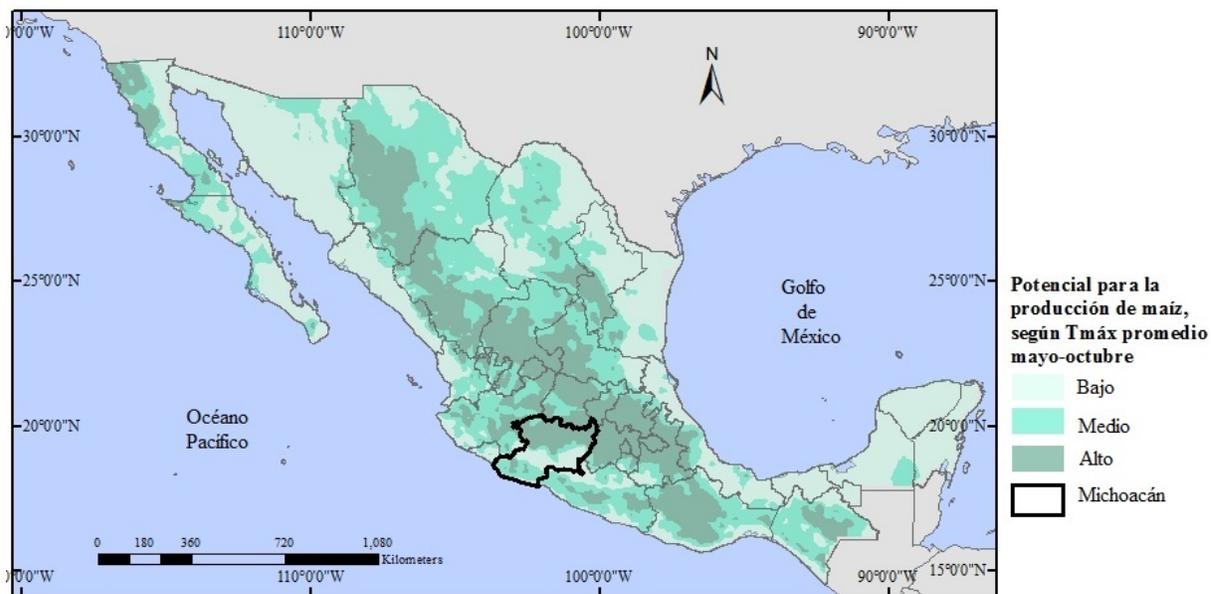
Variable		Potencial			
		Alto	Medio		Bajo
Temperatura	Umbral máximo diario	26°C	18°C	30°C	<12°
	Umbral mínimo diario	18°C	12°C	26°C	>30°C
Precipitación	Umbral máximo en el temporal	700 mm	400 mm	700 mm	<200 mm
	Umbral mínimo en el temporal	400 mm	200 mm	1,000 mm	>1,000 mm

Fuente: modificado de INIFAP, 2008.

A partir de esta información y con base en los registros climatológicos de 1961 a 2008, se identificaron las regiones de México que presentan las condiciones apropiadas para el cultivo de maíz de temporal. En el mapa 3.1 se observa que según los registros de temperatura promedio y precipitación total durante la temporada de lluvias y de crecimiento de maíz, la mayor parte del territorio es de potencial alto, mientras que pocas zonas contemplan potencial medio. En particular, se puede ver que el norte del Estado de Michoacán tiene un alto potencial para el cultivo del maíz.

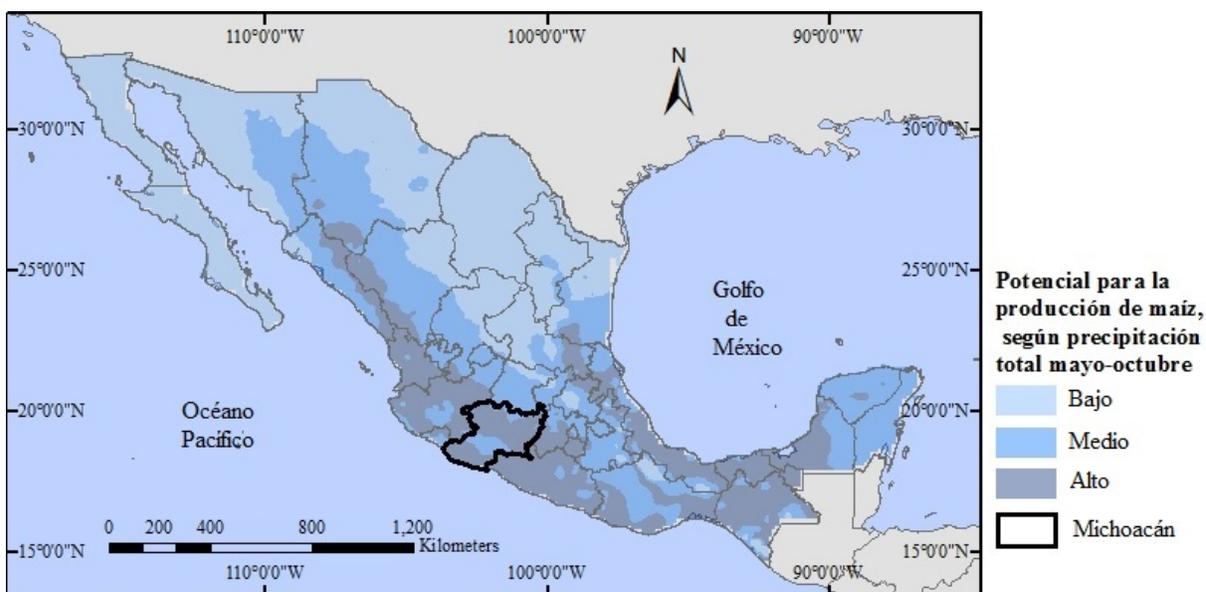
La distribución espacial de la precipitación media anual que se muestra en el mapa 3.2 indica que la zona norte es la menos adecuada para el cultivo de maíz, en tanto que hacia el centro-sur de México y en las zonas montañosas se presentan las condiciones de precipitación que ofrecen un alto potencial para este grano, incluyendo a casi todo el estado de Michoacán.

**Mapa 3. 1: Potencial para la producción de maíz de temporal (ver Tabla 3.1), según temperatura promedio (°C) observada en los meses de junio a agosto durante el periodo 1961-2008.**



Fuente: elaboración propia a partir de los datos de INIFAP, 2008 y Clicom, 2013 sobre la base de Inegi, 2010.

**Mapa 3. 2: Potencial para la producción de maíz de temporal, según precipitación total anual (mm) observada durante el periodo 1961-2008**



Fuente: elaboración propia a partir de los datos de INIFAP, 2008 y los registros de Clicom, 2013 sobre la base de Inegi, 2010.

### 3.3. Conclusiones del capítulo

Con base en la información presentada en este capítulo, se infiere que la mayor parte del estado de Michoacán (con excepción de la zona de Tierra Caliente<sup>33</sup>), presenta condiciones climáticas favorables para el potencial medio y alto del cultivo de maíz en el periodo 1961-2008. Así mismo se observa que tradicionalmente la siembra se lleva a cabo a mediados de mayo, de forma que el grano esté listo para cosechar a mediados de diciembre, con lo cual se evita que el cultivo se exponga a la temporada invernal.

Una vez que se han establecido el marco teórico, la metodología y los requerimientos agroecológicos del maíz, se procede a presentar los resultados de esta investigación en los siguientes capítulos.

---

<sup>33</sup> La división en regiones del estado de Michoacán se presenta de forma más detallada en el capítulo IV.

# **CAPÍTULO IV**

## **RESULTADOS DE LOS IMPACTOS POTENCIALES DE LA AGRICULTURA DE MAÍZ EN MICHOACÁN ANTE LA VARIABILIDAD Y EL CAMBIO CLIMÁTICO**

### Introducción

En el presente capítulo se presentan los resultados de la etapa 1 de la metodología descrita en el capítulo II y parte de la etapa 3 con la finalidad de poner a prueba la hipótesis principal descrita en la Introducción de esta tesis. El capítulo se desarrolla de la siguiente manera: en el primer apartado se presentan los resultados de la climatología del estado de Michoacán, tanto en su forma anual y mensual y con énfasis en la temporada de crecimiento (mayo-octubre). En el segundo apartado se presentan las características de la agricultura de maíz en el estado diferenciando según la disponibilidad de riego y se subraya la importancia del ciclo primavera-verano. En el tercer apartado se evalúa la sensibilidad de la agricultura de maíz ante el clima considerando los componentes natural y humano.

Los resultados de los impactos potenciales se presentan en el apartado cuatro, el cual inicia con los mejores modelos multivariados obtenidos donde se relacionan los rendimientos del maíz con la variabilidad climática, posteriormente se presentan la evaluación de los siniestros agroclimáticos desde 2003 y finalmente se aborda la percepción de los agricultores respecto de cómo la producción de maíz se relaciona con el clima.

En el quinto apartado se presentan las proyecciones de CC para escenarios de bajas y altas emisiones, tanto de forma anual, como para la temporada de crecimiento. Así mismo, a partir de los resultados de los modelos multivariados, se presentan las proyecciones de las variaciones en los rendimientos de maíz según los escenarios para el futuro cercano. Finalmente se presentan las conclusiones del capítulo como materia prima para evaluar la capacidad adaptativa del sector agrícola y para identificar las necesidades de adaptación ante las proyecciones de CC.

## 4.1. Climatología del estado de Michoacán

### 4.1.1. Climatología anual

La climatología anual del estado de Michoacán se analiza en tres partes. Primero se presentan las características generales del estado de Michoacán; después se realiza una regionalización con base en las características topográficas y climatológicas anuales y durante la temporada de crecimiento del maíz, para determinar las diferencias regionales en el estado; por último, se abordan las condiciones a nivel local, empleando las estaciones climatológicas con los registros más completos durante el periodo 1960-2010 para realizar la comparación regional con respecto al promedio de la zona maicera más importante del estado para la región de estudio (ver mapa 2.1).

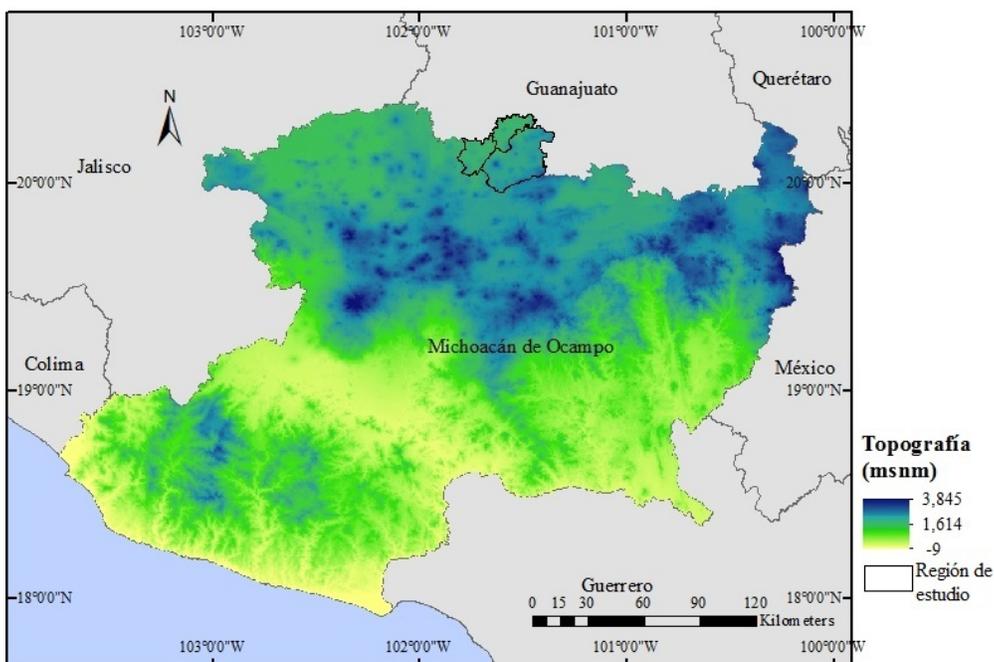
#### 4.1.1.1. Climatología a nivel estado

El estado de Michoacán se caracteriza por una topografía compleja (mapa 4.1) con tres grandes regiones, las cuales delimitan parcialmente los tipos de climas del estado. La primera región, en la parte norte del estado, es la zona más elevada con una altura de más de 1,600 metros sobre el nivel medio del mar (snm) hasta poco más de 3,800 metros snm. En la parte centro del estado se observa una zona más bien baja<sup>34</sup> rodeada por el sistema montañoso del norte y separado de la costa por algunas elevaciones; esta parte es la región de Tierra Caliente, denominada así por las altas temperaturas que se presentan en esta zona. Finalmente se observa la zona de la costa que limita con el Océano Pacífico y que presenta un paisaje más accidentado que las otras regiones.

---

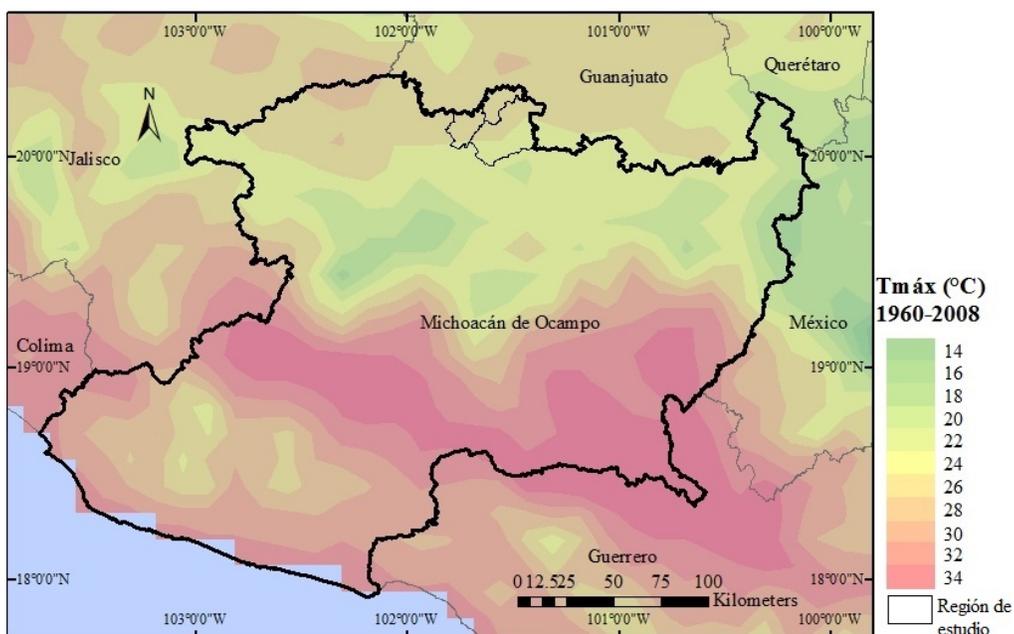
<sup>34</sup> Se contactó al Inegi para verificar esa información; la altura máxima de 3,845 metros corresponde al Pico de Tancítaro y la mínima de -9 corresponde a una sección del canal de entrada al puerto de Lázaro Cárdenas.

**Mapa 4. 1: Topografía del estado de Michoacán**



Fuente: elaboración propia a partir del Continuo de Elevaciones Mexicano CEM 3.0 sobre la base de Inegi, 2010

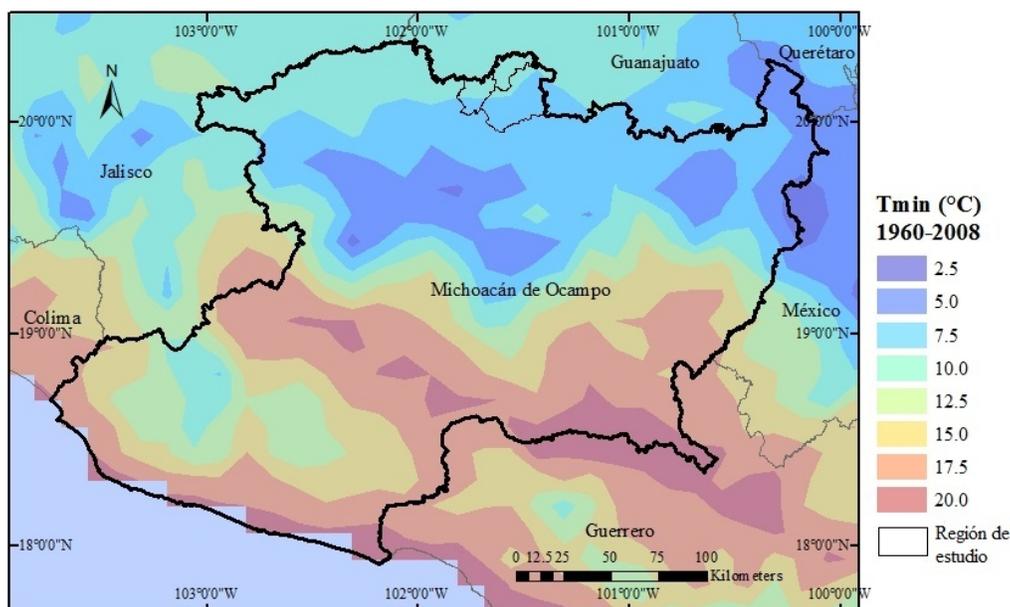
**Mapa 4. 2: Temperatura máxima promedio anual (°C) durante 1960-2008**



Fuente: elaboración propia a partir de Clicom, 2013 sobre la base de Inegi, 2010

Como se observa en el mapa 4.2, la topografía guarda una relación inversa con la temperatura, pues en las regiones altas la temperatura es más baja que la media anual del estado, la cual oscila entre los 14°C y los 26°C. Por su parte, se observa que la región más cálida es Tierra Caliente donde las temperaturas máximas alcanzan entre 28°C y 34°C, en tanto que la costa se mantiene entre los 24°C y 30°C. Este mismo patrón se observa en el caso de las temperaturas mínimas (ver mapa 4.3).

**Mapa 4.3: Temperatura mínima anual (°C) durante 1960-2008**



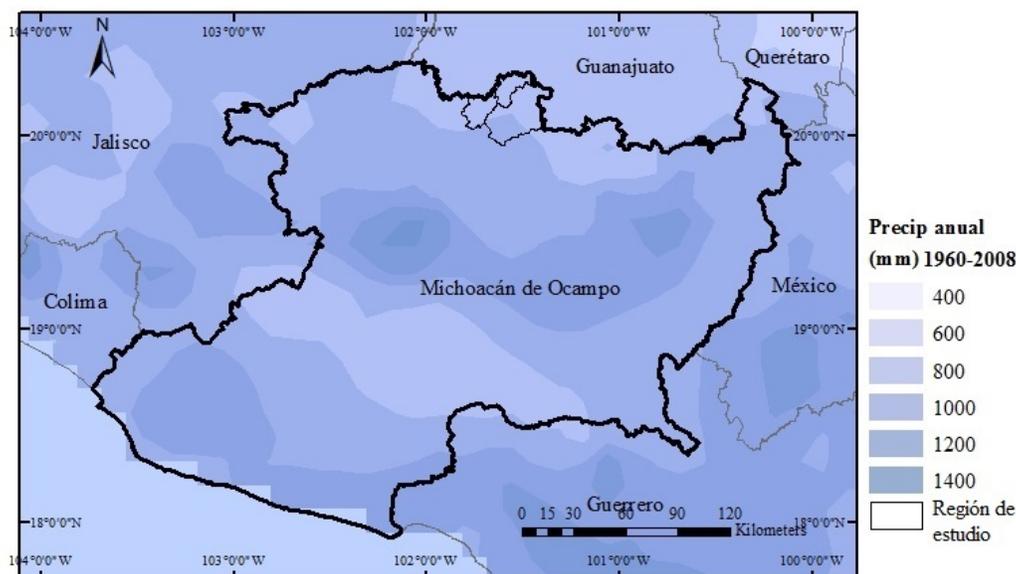
Fuente: elaboración propia a partir de Clicom, 2013 sobre la base de Inegi, 2010

La precipitación media anual en el estado varía de 600 a 1,400 mm/año (mapa 4.4). Las zonas de mayor elevación se caracterizan por las precipitaciones más altas, del orden de 1,200-1,400 mm/año, en tanto que las zonas aledañas a las montañas y que tienen menos altitud presentan precipitaciones del orden de 800 a 1,000 mm/año.

La producción de maíz en Michoacán se asocia a los climas semicálidos subhúmedos y templados subhúmedos, con lluvias que van de 600 a 1,200 mm promedio anual, lo que hace que este estado sea de temporal favorable para este cultivo (Conde *et al*, 2004).

En los mapas 4.1, 4.2, 4.3 y 4.4 se puede apreciar que el estado de Michoacán conjuga características muy variadas a lo largo de su territorio; es por ello que se propone una regionalización<sup>35</sup> para apreciar estas diferencias.

**Mapa 4. 4: Precipitación total anual (mm) durante 1960-2008**



Fuente: elaboración propia a partir de Clicom, 2013 sobre la base de Inegi, 2010

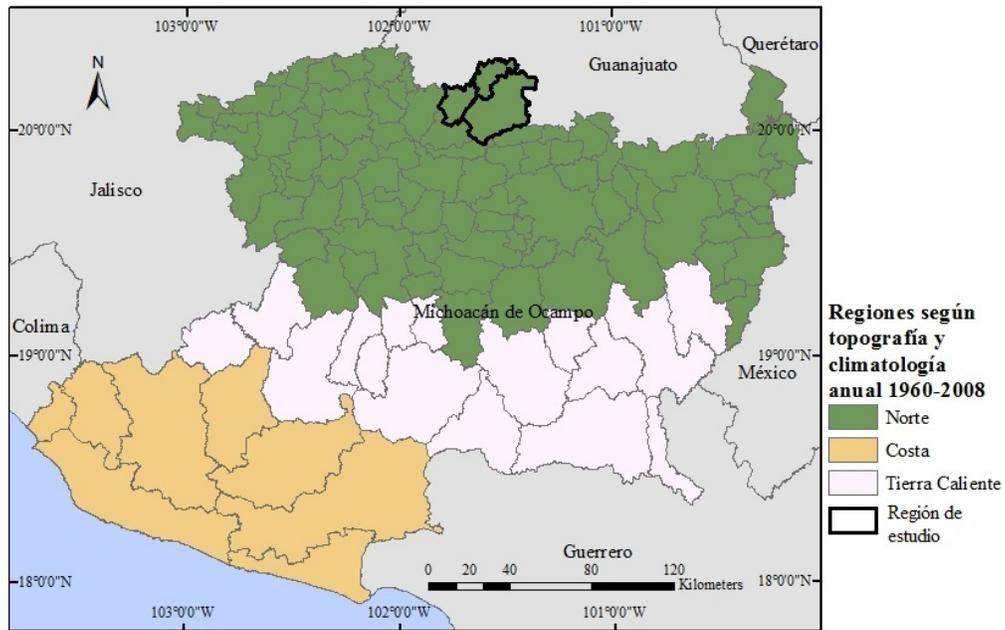
#### 4.1.1.2. Climatología por región en Michoacán

Observando las condiciones de T<sub>máx</sub>, T<sub>mín</sub> y Precipitación, así como la topografía del estado, se genera la regionalización cualitativa del estado que se muestra en el mapa 4.5. La región de estudio se localiza en la zona norte de Michoacán.

Cada una de estas regiones tiene características climáticas distintas, por ejemplo, los registros de temperatura anual señalan que las condiciones de Costa (a excepción de las zonas altas) y de Tierra Caliente son semejantes, en tanto que la región norte se mantiene en ambientes más frescos todo el año (ver gráfica 4.1).

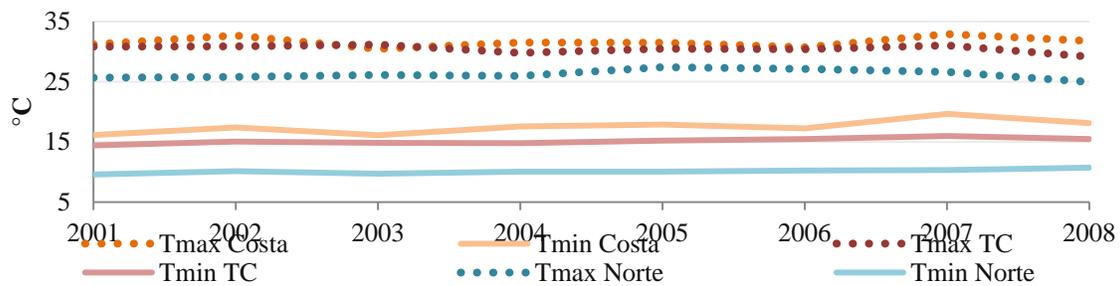
<sup>35</sup> Esta regionalización resulta al sobreponer un mapa de la división municipal del estado a los mapas de Topografía, T<sub>máx</sub>, T<sub>mín</sub> y Precip para agrupar los municipios colindantes que observen condiciones similares.

**Mapa 4. 5: Regionalización del estado de Michoacán según características topográficas y registros climáticos durante el periodo 1960-2008**



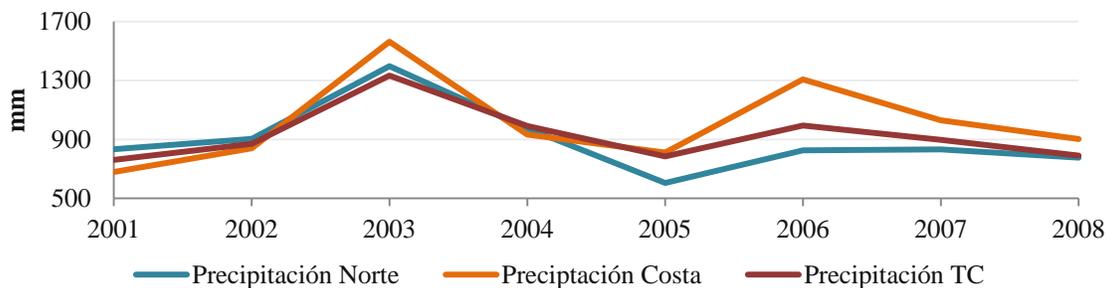
Fuente: elaboración propia a partir del Continuo de Elevaciones Mexicano CEM 3.0 y Clicom, 2013 sobre la base de Inegi, 2010

**Gráfica 4. 1: T<sub>máx</sub> y T<sub>mín</sub> promedio anual (°C) durante 2001-2008, según región**



Fuente: elaboración propia a partir de Clicom, 2013

**Gráfica 4. 2: Precipitación total anual (mm) durante 2001-2008, según las tres regiones seleccionadas**



Fuente: elaboración propia a partir de Clicom, 2013

Respecto a los registros anuales de precipitación, las observaciones promedio en las tres regiones son semejantes y muestran un comportamiento interanual parecido durante el periodo 2001-2008; sin embargo, en los últimos 4 años ha llovido mucho menos en la zona norte que en las otras dos regiones (gráfica 4.2), lo que puede reflejar sequías en esa región, por lo que será interesante ver si esto se refleja en los rendimientos del maíz. Esta diferenciación por regiones nos sirve para explicar los diferenciales en la productividad del maíz, presentados más adelante.

Para entender las particularidades de la región de estudio en la parte norte del estado, es necesario abordar información de tipo local, considerando algunas estaciones climatológicas del estado, las cuales se seleccionaron por tener la serie de información más completa durante el periodo 1960-2010.

#### 4.1.1.3. Climatología a nivel local según estaciones seleccionadas

Como se menciona en el capítulo II, los tres municipios que comprenden la región de estudio aportan alrededor del seis por ciento del maíz del estado; los municipios son Angamacutiro, José Sixto Verduzco y Puruándiro y se ubican en la zona norte de Michoacán (ver mapa 4.5). Para entender el clima de esta región se seleccionaron 5 estaciones climatológicas de estos 3 municipios<sup>36</sup> (Casa Blanca, Puruándiro, El Rosario, Angamacutiro y Santa Fe del Río), 3 de la zona norte del estado (Morelia, Jesús del Monte y Huingo), 2 de Tierra Caliente (Antúnez y Apatzingán) y 1 entre los límites de ambas regiones (San Diego Curupatzco), para hacer un análisis comparativo del clima promedio regional (ver mapa 2.2 para la localización de las estaciones).

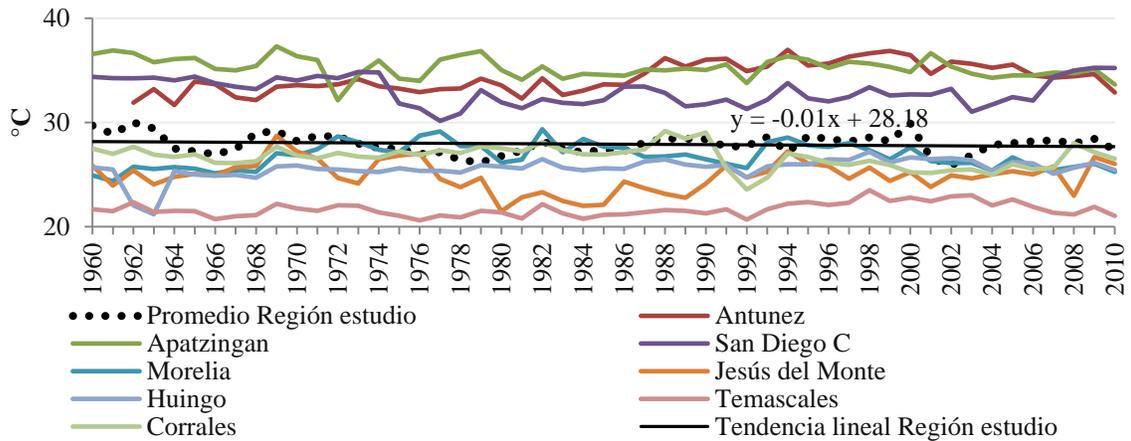
En la gráfica 4.3 se muestra la temperatura máxima promedio anual registrada en cada estación climatológica; ahí se puede observar cómo la temperatura de la región de Tierra Caliente es mayor que la de la región Norte, pues mientras la primera oscila entre los 30°C y los 38°C, la segunda permanece por debajo de los 30°C. La  $T_{m\acute{a}x}$  promedio anual de la

---

<sup>36</sup> Los datos se presentan como promedio región estudio y la información corresponde a la media de los registros de las estaciones climatológicas ubicadas en los municipios de Angamacutiro, José Sixto Verduzco y Puruándiro

región de estudio durante el periodo 1960-2010 fue de 28°C con una tendencia no significativa de -0.02°C por año en el periodo 1960-2010.

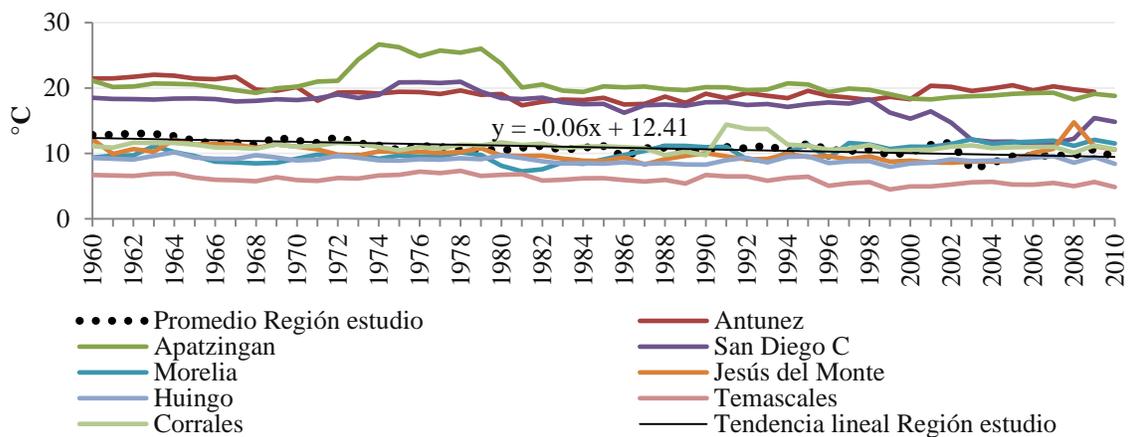
**Gráfica 4. 3: Tmáx promedio anual (°C) durante 1960-2010 en las estaciones seleccionadas y el promedio y tendencia\* de la región de estudio**



\*No significativo al 95 por ciento

Fuente: elaboración propia a partir de Clicom estaciones, 2013

**Gráfica 4. 4: Tmin promedio anual (°C) durante 1960-2010 en las estaciones seleccionadas y el promedio y tendencia\* de la región de estudio**



Significante al 95 por ciento

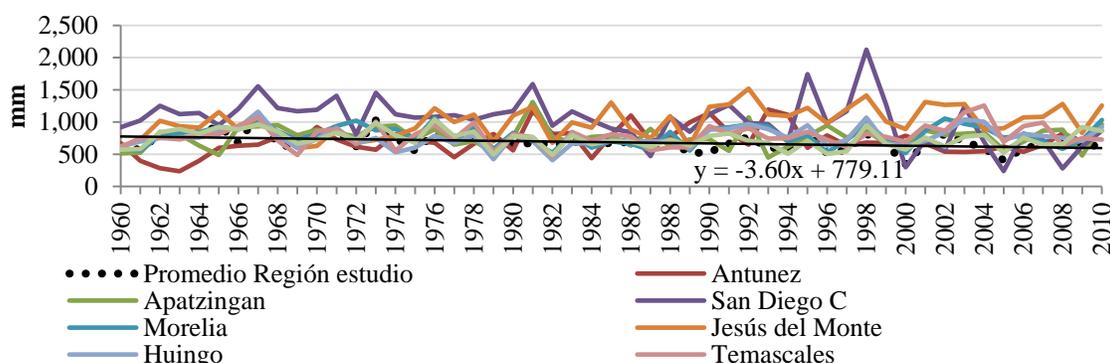
Fuente: elaboración propia a partir de Clicom estaciones, 2013

Esta diferenciación también se hace evidente en los registros de temperatura mínima promedio anual, ya que en la región de Tierra Caliente las observaciones fluctúan entre los 15°C y los 27°C (con excepción de San Diego Cupatzeo que a partir de 2001 muestra una baja considerable). En tanto, en la región norte, la temperatura mínima oscila entre los 5°C

y los 15°C (ver gráfica 4.4). La T<sub>min</sub> promedio de la región de estudio fue de 11°C en el periodo 1960-2010, con una ligera disminución de -0.06°C promedio anual durante 1960-2010.

Los registros de precipitación en la gráfica 4.5 indican que no existe diferencia significativa según la región de que se trate. La precipitación media anual de la región de estudio es 748 mm para el periodo de estudio, mostrando una tendencia significativa de -3.6 mm por año en el periodo 1960-2010.

**Gráfica 4. 5: Precipitación total anual (mm) durante 1960-2010\*, en las estaciones seleccionadas y el promedio y tendencia\*\* de la región de estudio**



\*No hay datos para 2003

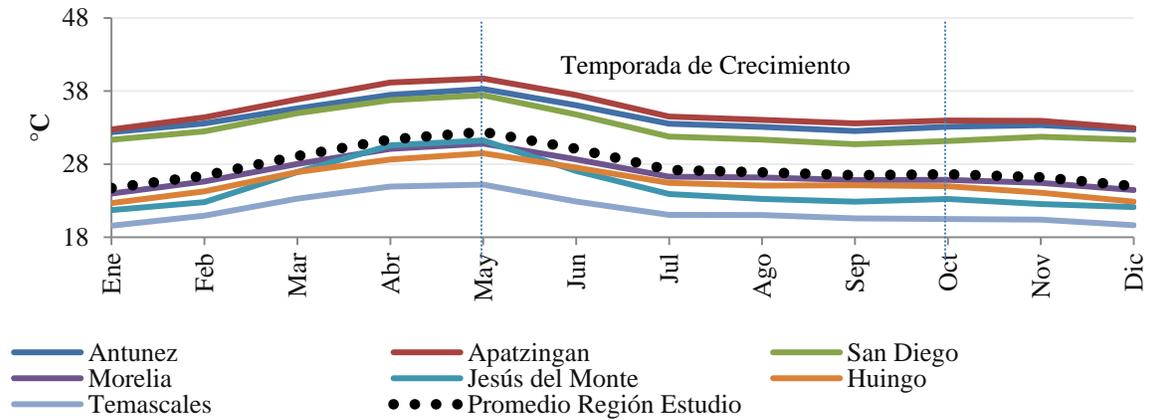
\*\*Significante al 95 por ciento

Fuente: elaboración propia a partir de Clicom estaciones, 2013

Considerando la información de las estaciones seleccionadas y las estaciones de la región de estudio, se construye la climatología mensual para el estado. En la gráfica 4.6 se observa que la temperatura llega a un punto máximo en el mes de mayo, antes de que inicien las lluvias de verano (gráfica 4.8), a partir de donde inicia el descenso hasta llegar al mínimo en los meses de diciembre y enero.

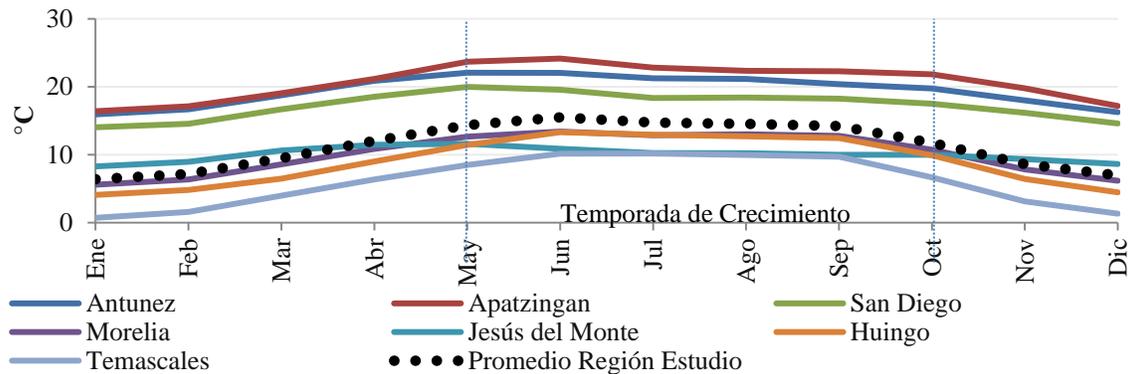
En el caso de la temperatura mínima, ésta tiene su máximo en el mes de junio y los registros más bajos se dan en enero (ver gráfica 4.7). Nótese que sembrando en mayo, en el ciclo primavera verano, se evitan las temperaturas muy altas o las heladas de invierno durante el periodo de crecimiento el maíz (mayo-octubre); estas fechas coinciden con la temporada de lluvias en Michoacán (ver gráfica 4.8).

**Gráfica 4. 6: Tmáx promedio mensual (°C) durante 1960-2008 en las estaciones seleccionadas y promedio de la región de estudio. Las barras indican la temporada de crecimiento del maíz**



Fuente: elaboración propia a partir de Clicom estaciones, 2013

**Gráfica 4. 7: Tmin promedio mensual (°C) durante 1960-2008 en las estaciones seleccionadas y promedio de la región de estudio. Las barras indican temporada de crecimiento del maíz**



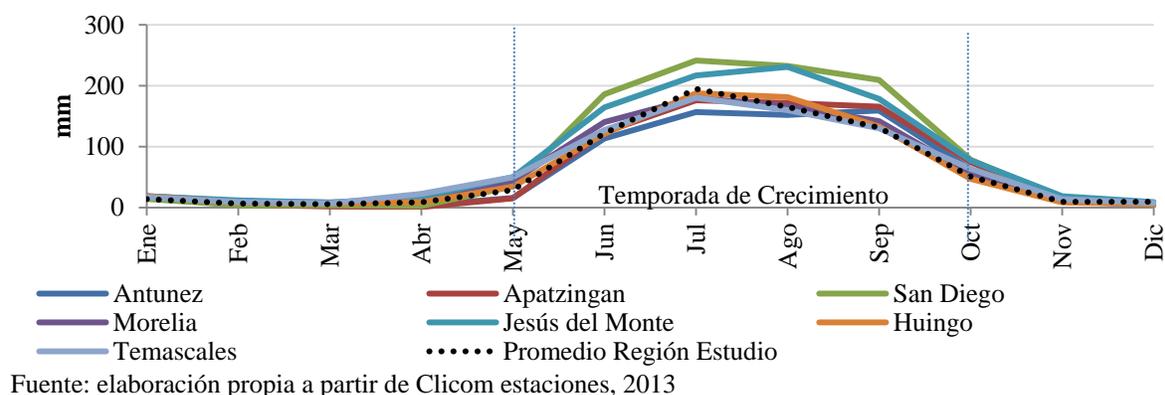
Fuente: elaboración propia a partir de Clicom estaciones, 2013

#### 4.1.1.4. Las percepciones de los agricultores respecto de las condiciones climáticas para la producción de maíz

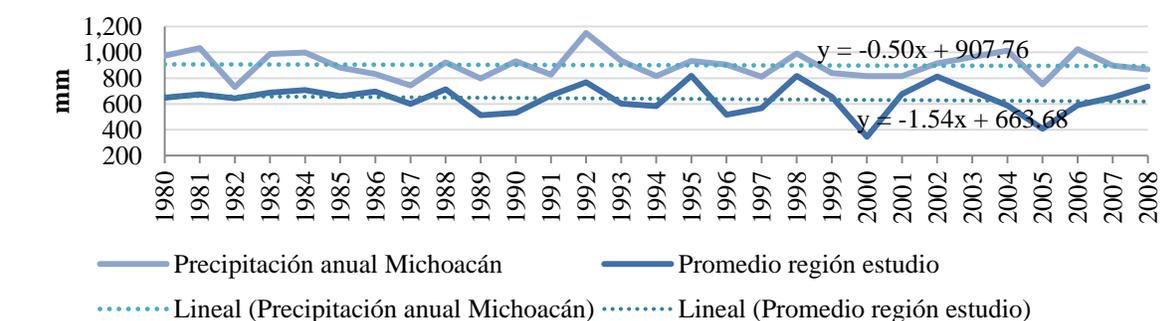
El resultado de las entrevistas realizadas a agricultores de Michoacán indica que la precipitación es la variable más relevante para el cultivo de maíz desde el punto de vista de los entrevistados. Si bien la gráfica 4.8 nos muestra el comportamiento general observado

del régimen de precipitación, al entrevistar a los agricultores de Michoacán, ellos señalan que se ha experimentado un cambio en el régimen de lluvias. Al respecto un agricultor expresa: “Ahora llueve menos, llega el agua tarde y se va muy pronto, no alcanza a hacerse bien el maíz”.

**Gráfica 4. 8: Precipitación total mensual (mm) durante 1960-2008 para el promedio de la región estudio y las estaciones seleccionadas. Las barras indican temporada de crecimiento**



**Gráfica 4. 9: Precipitación anual (mm) en el estado de Michoacán y promedio de la región de estudio durante 1980-2008\* y sus tendencias lineales\*\***



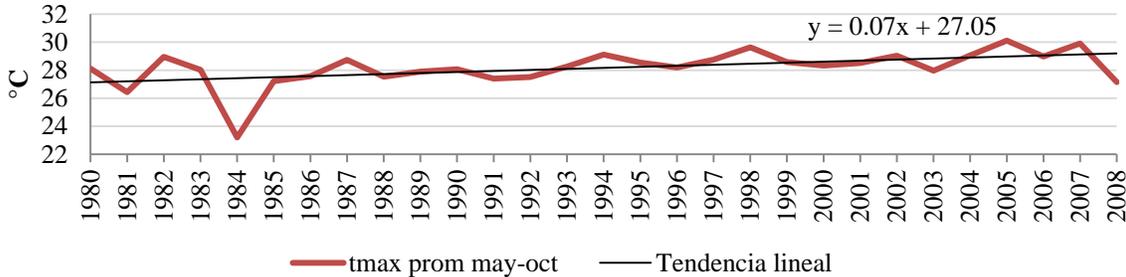
En la gráfica 4.9 se puede observar que, como lo que aprecian los entrevistados, desde 1980 a 2008 se observa una ligera disminución de la precipitación total anual tanto en el estado como en la región de estudio, pero no son significativas estadísticamente. Para ligar estas

disminuciones en los niveles de precipitación con la producción de maíz en el estado a continuación se evalúa el comportamiento de la climatología durante el periodo de crecimiento (mayo-octubre).

4.1.2. Climatología estatal durante la temporada de crecimiento mayo-octubre

En el estado de Michoacán, las variables climáticas que influyen en los rendimientos del maíz son la T<sub>máx</sub> promedio durante el periodo de crecimiento (mayo-octubre) y la precipitación total durante los mismos meses (según los resultados de los modelos presentados más adelante). En el caso de la T<sub>máx</sub> promedio de mayo a octubre, ésta observa un aumento significativo al 95 por ciento de 0.07°C por año para el periodo 1980-2008 (ver gráfica 4.10).

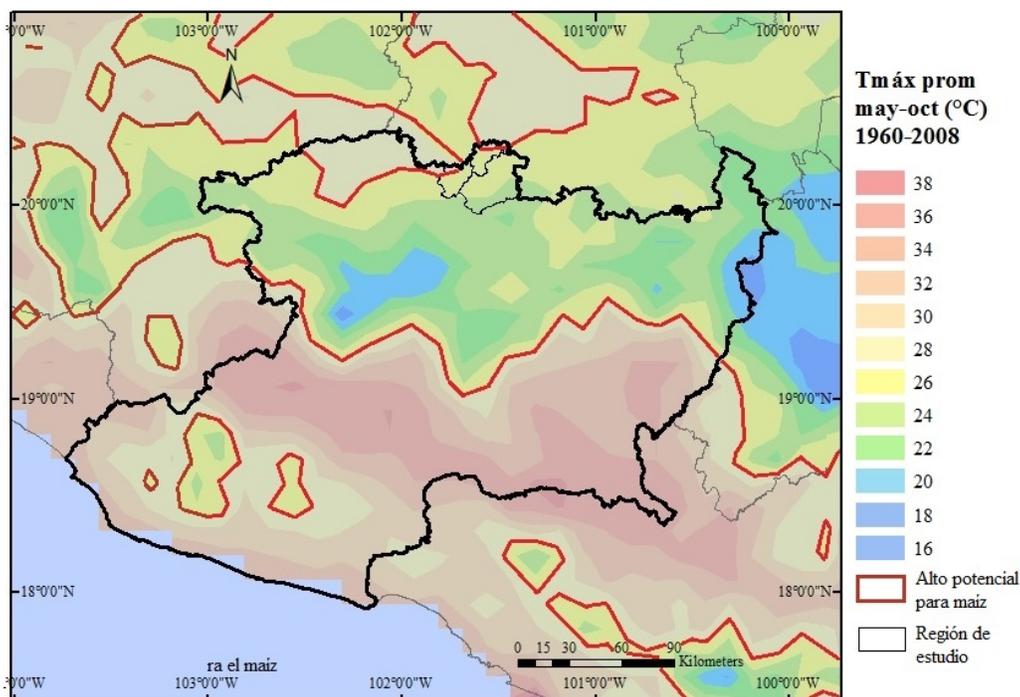
**Gráfica 4. 10: Registro anual y tendencia lineal de la temperatura máxima promedio mayo-octubre en Michoacán, 1980-2008**



Fuente: elaboración propia a partir de Clicom, 2013

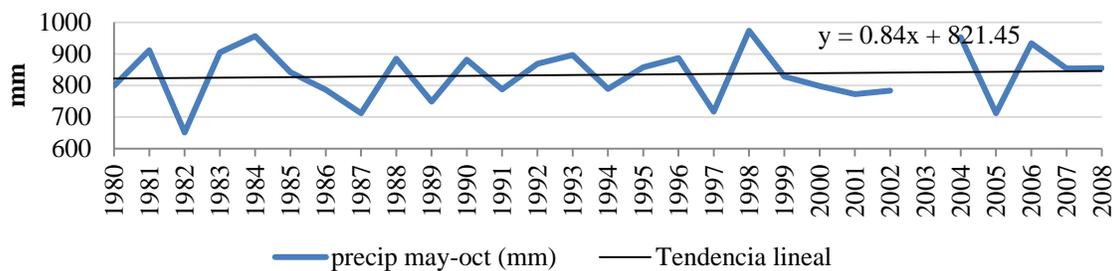
Considerando los registros climáticos durante la temporada de crecimiento, el norte del estado presenta las condiciones de T<sub>máx</sub> más apropiadas para el maíz. El resto del estado, con excepción de algunas partes altas cercanas a la costa, observa condiciones no aptas para este cultivo, especialmente la zona central correspondiente a Tierra Caliente donde se presentan condiciones en extremo calurosas durante la temporada de crecimiento (ver mapa 4.6).

**Mapa 4. 6: Temperatura máxima promedio (°C) en la temporada de crecimiento del maíz (mayo-octubre) durante 1960-2008. Se resalta en rojo la isoterma de 26°C (umbral máximo para un alto potencial de producción de maíz).**



Fuente: elaboración propia a partir de Clicom, 2013 sobre la base de Inegi, 2010

**Gráfica 4. 11: Registro anual y tendencia lineal de la precipitación total mayo-octubre en Michoacán, 1980-2008\***



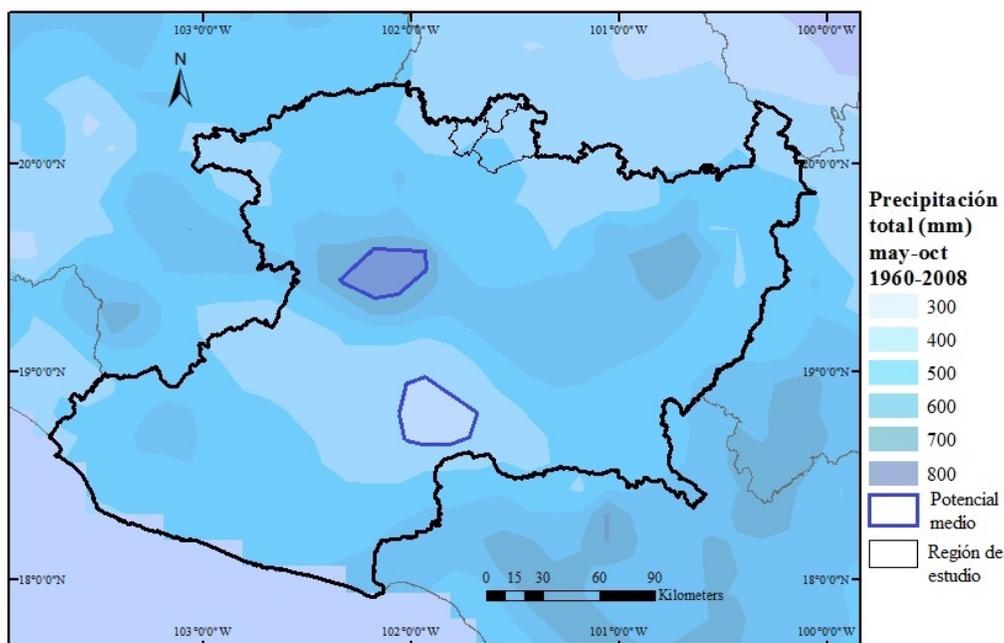
\*Se excluye el año 2003 por presentar anomalías en los registros

Fuente: elaboración propia a partir de Clicom, 2013

Respecto a la precipitación total durante el periodo mayo-octubre, los registros del periodo 1980-2008 para Michoacán indican una tendencia no significativa al 95 por ciento de 0.84 mm por año (ver gráfica 4.11). La mayor parte del estado observa los requerimientos para

un alto potencial del cultivo de maíz, pues los registros de 1960 a 2008 muestran un promedio entre 400 y 700 mm. Las excepciones son una pequeña región en el centro-occidente del estado cuyos registros son de 800 mm y una zona hacia el sureste donde ha llovido en promedio 300 mm durante la temporada de crecimiento (delimitadas por la línea azul como zonas de potencial medio, ver mapa 4.7).

**Mapa 4. 7: Precipitación total de mayo-octubre (mm) durante 1960-2008. Se resaltan en color azul las isoyetas de 400 y 700 mm (umbral mínimo y máximo para un alto potencial de producción de maíz)**



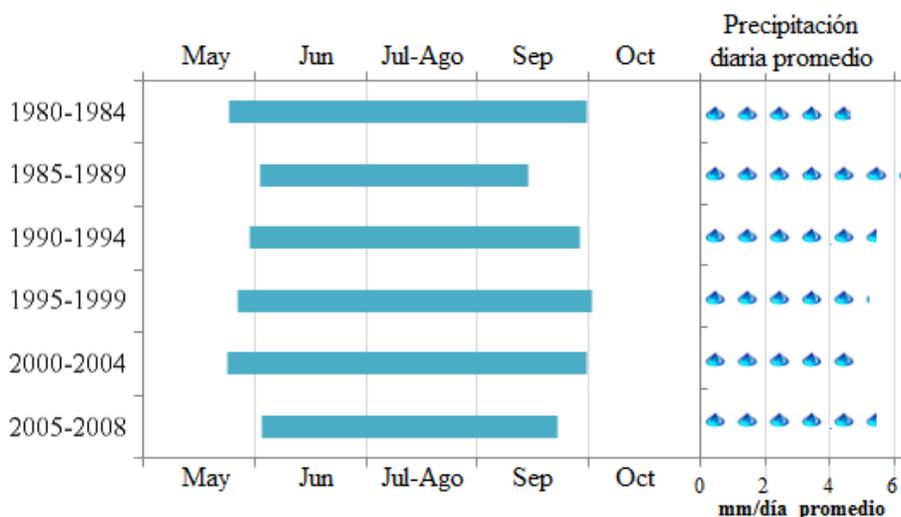
Fuente: elaboración propia a partir de Clicom, 2013 sobre la base de Inegi, 2010

Adicional a la precipitación total durante la temporada de crecimiento del maíz, un factor relevante para la producción del maíz es la duración y la intensidad del temporal de lluvia. Retomando la percepción de los agricultores acerca de la menor duración de la temporada de lluvias, esto se comprueba en la figura 4.1, pues mientras en el periodo 1990 a 2004 el inicio del temporal fue a finales de mayo, en el periodo 2005-2008 éste se recorre a inicios de junio y termina a mediados de octubre, en los 15 años inmediatos anteriores la temporada de lluvias se prolonga a finales de octubre y principios de noviembre. Estos resultados indican cambios en el temporal de 158 días promedio de 1990 a 2004 a 144 días promedio en el último periodo de 2005-2008 (ver gráfica 4.12). Aunque la duración del

temporal del 2000-2004 fue tan larga como la de 1980-1984 (161 días), la percepción más cercana de los agricultores es que dura menos como lo muestra 2005-2008 (144 días; gráfica 4.12). Desafortunadamente no hay datos suficientes para verificar si la duración del temporal de 2008-2012 ha sido menor que el promedio como lo perciben los agricultores.

Esta pauta en la temporada de lluvias afecta a la producción de maíz al disminuir la certeza del inicio de la siembra (la cual según lo señalaron los entrevistados, debe ser en el mes de mayo para que la cosecha esté lista en diciembre); los agricultores esperan a que se presenten algunos días de lluvia para empezar a sembrar, como una forma de reducir el riesgo de perder la labor por falta de agua. Al respecto un agricultor expresa: *“El maíz se debe de sembrar en mayo cuando empieza a llover [...] este año [2013] sembré en junio porque no llovía...”*

**Figura 4. 1: Calendario de la duración de la temporada de lluvias en Michoacán, estimación de la fecha media de inicio\* y final\*\* del ciclo por quinquenios e intensidad del temporal\*\*\***



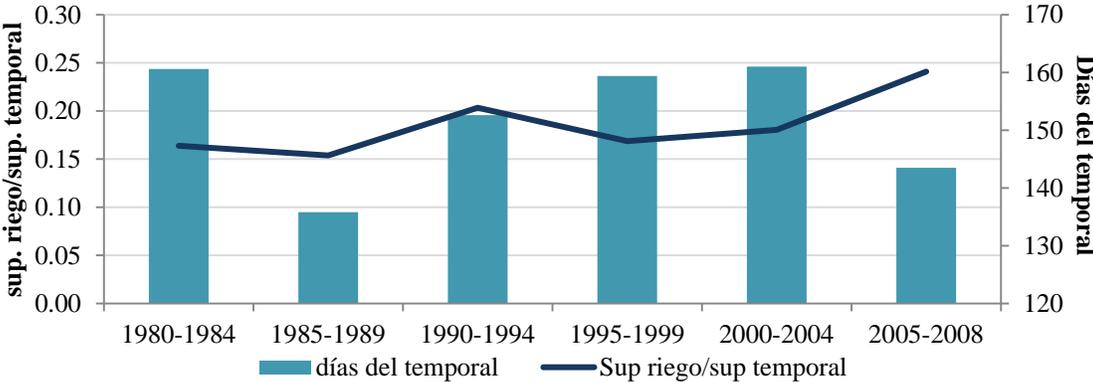
\* Considerada a partir de cuando se presentan cinco días consecutivos con precipitación mayor a 1mm  
 \*\* Considerada a partir de cuando se presentan cinco días consecutivos con precipitación menor a 1mm  
 \*\*\* La intensidad se calcula dividiendo la precipitación total dentro de las fechas del temporal entre el número de días que éste duró  
 Fuente: elaboración propia a partir de CLICOM, 2013

Si bien en los periodos 1985-1989 y 2005-2008 muestran una reducción en la duración del temporal, también se observa que en dichos periodos incrementa la intensidad del mismo en

comparación con la precipitación diaria promedio registrada en quinquenios con temporales más altos (figura 4.1).

A partir de las apreciaciones de los agricultores entrevistados, se trata de ligar la duración del temporal con los rendimientos de los cultivos de maíz, pero no se tiene éxito en esta tarea (pues como se muestra en el apartado 4.2, éstos observan una tendencia creciente constante); en cambio, se observa una coincidencia inversa respecto de la relación entre la superficie sembrada con riego y la sembrada con temporal, especialmente desde 1990 (ver gráfica 4.12). Ese comportamiento se explica por que al observar un buen temporal (largo y con tan intenso), esto puede generar confianza en los productores para sembrar en esta modalidad.

**Gráfica 4. 12: Duración del temporal de lluvias y relación entre la superficie sembrada con maíz bajo la modalidad de riego respecto a la de temporal en Michoacán en el periodo 1980 a 2008\*, promedios quinquenales**



\*Se excluye los primeros días de cada mes en el año 2003, pues la información presenta irregularidades que afectan el análisis

Fuente: elaboración propia a partir de CLICOM, 2013

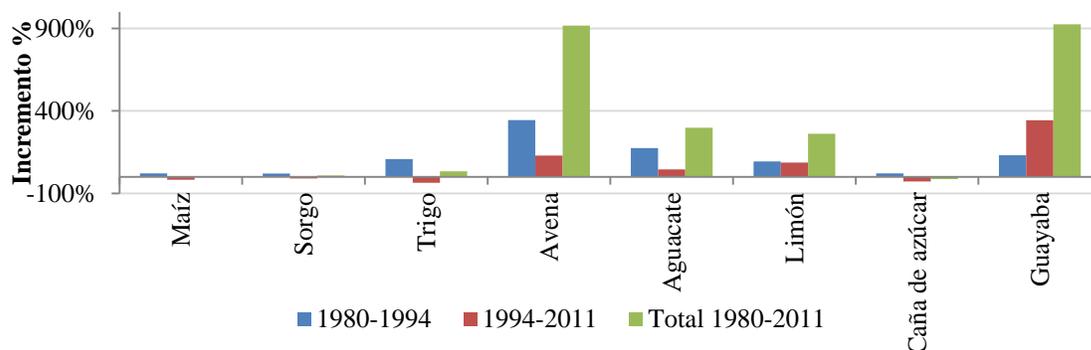
La información anterior describe la climatología de Michoacán en las últimas cinco décadas y su posible incidencia en la agricultura de maíz, sin embargo para iniciar la evaluación de la relación clima-rendimientos de maíz, es menester evaluar con detenimiento las características de la agricultura de ese grano en el estado desde 1980.

## 4.2. La agricultura de maíz en el estado de Michoacán

### 4.2.1. Importancia del maíz respecto de otros cultivos en el estado

En Michoacán, desde 1980 se observa una tendencia a reducir la superficie sembrada (y a consecuencia también la cosechada) de la mayoría de los granos básicos, ese comportamiento comienza a partir de 1994 (NAFTA). De 1980 a 1994, los cultivos cíclicos (maíz, sorgo, trigo y avena) muestran incrementos en su superficie sembrada, pero a partir de 1994 ese patrón se revierte (a excepción de la avena, que si bien baja su tasa de crecimiento, en total durante el periodo 1980-2011 crece en más de 900 por ciento). En el caso de los cultivos perennes o frutales (a excepción de la caña de azúcar) mantienen la tendencia a incrementar su superficie sembrada (ver gráfica 4.13).

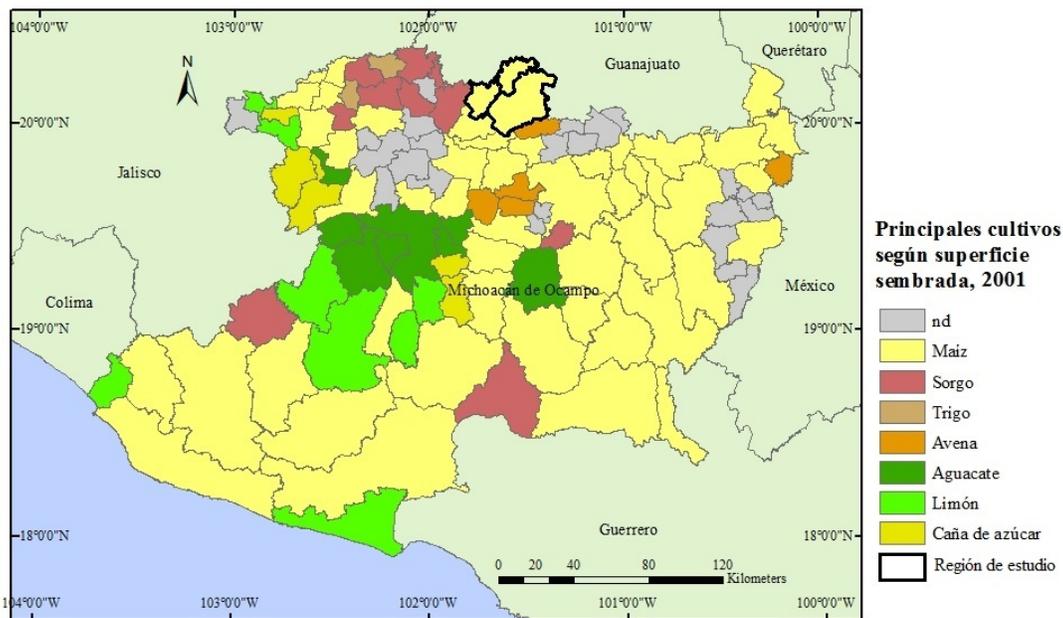
**Gráfica 4. 13: Incrementos en la superficie sembrada en Michoacán, según principales cultivos, 1980-2011**



Fuente: elaboración propia a partir de información de SIAP, 2013

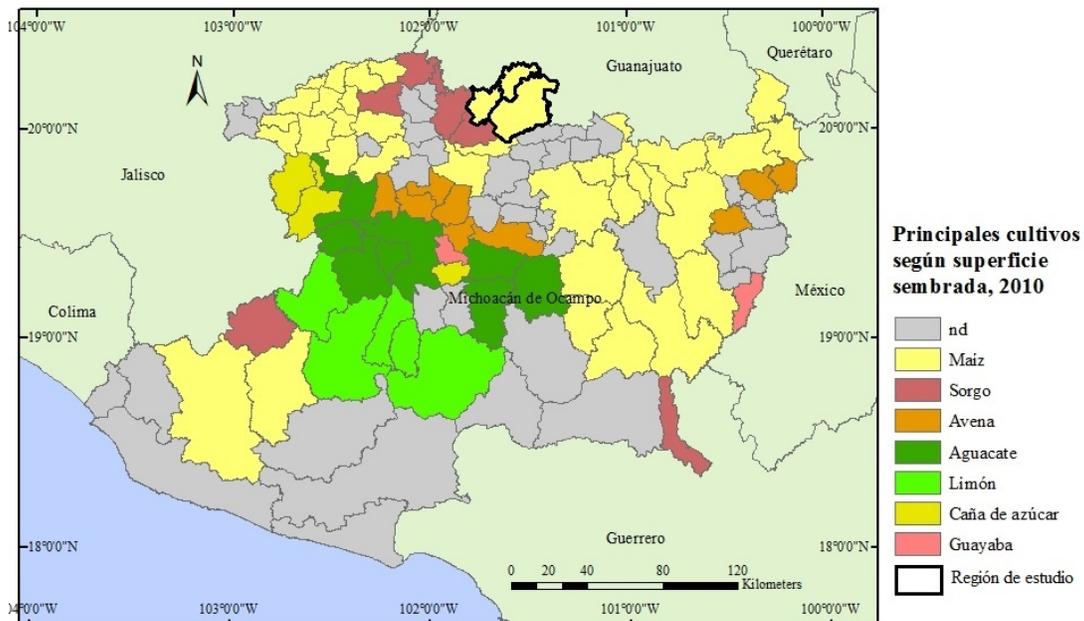
La vocación de los municipios según la superficie que destinan a la siembra de esos productos se ha modificado. Como se observa en el mapa 4.8, en 2001 la gran mayoría de los municipios del estado dedican la mayor parte de su superficie agrícola a la producción de maíz, aun aquellos donde las condiciones climáticas no son las más apropiadas para este grano (mapas 4.6 y 4.7). En Tierra Caliente son preponderantes los cultivos de aguacate y limón y el norte-occidente sobresale por el cultivo de avena.

**Mapa 4. 8: Principales cultivos por municipio en Michoacán, según la superficie sembrada, 2001**



Fuente: elaboración propia a partir de información de SIAP, 2013

**Mapa 4. 9: Principales cultivos por municipio en Michoacán, según la superficie sembrada, 2010**



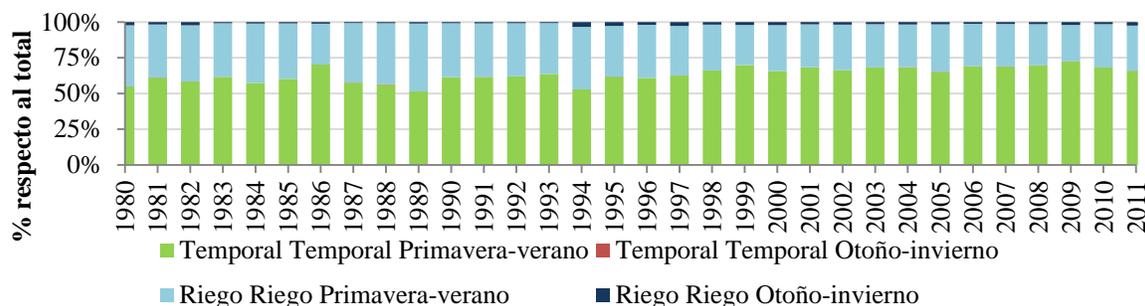
Fuente: elaboración propia a partir de información de SIAP, 2013

Para 2010, si bien la falta de información impide una perspectiva precisa de cómo ha cambiado la relevancia de los cultivos, se observan cambios importantes: en Tierra Caliente y el centro-occidente del estado crece la presencia del aguacate y el limón; en el norte-occidente el sorgo es sustituido por maíz, mientras que en el centro del estado, el maíz es remplazado por avena<sup>37</sup> (ver mapa 4.8). Otros cambios importantes son que de 2001 a 2010 se aminora drásticamente la relevancia del trigo (en 2010 ya no tiene mayoría de superficie en ningún municipio), mientras que la producción de guayaba emerge en algunos municipios (ver mapa 4.8 y 4.9). En tanto, el maíz se convierte en el cultivo preponderante en el norte-occidente de Michoacán, desplazando al limón, trigo y parcialmente al sorgo.

#### 4.2.2. Importancia del ciclo primavera-verano en la producción de maíz en Michoacán

Durante el ciclo otoño-invierno se produce menos del cinco por ciento de la producción anual de maíz de riego y 0.1 por ciento de la cosecha de temporal en Michoacán (estimaciones propias a partir de SIAP, 2013), lo cual demuestra la preponderancia del ciclo primavera-verano. En la gráfica 4.14 se observa cómo la aportación del ciclo otoño-invierno, especialmente la de riego, ha sido mínima en el periodo 1980-2011, aunque se aprecia como ésta es ligeramente mayor desde 1994, en tanto, la producción otoño-invierno de temporal es mínima, a tal grado que no se alcanza a apreciar en las barras.

**Gráfica 4. 14: Producción anual de maíz en Michoacán según disponibilidad de agua y ciclo de producción, 1980-2011**



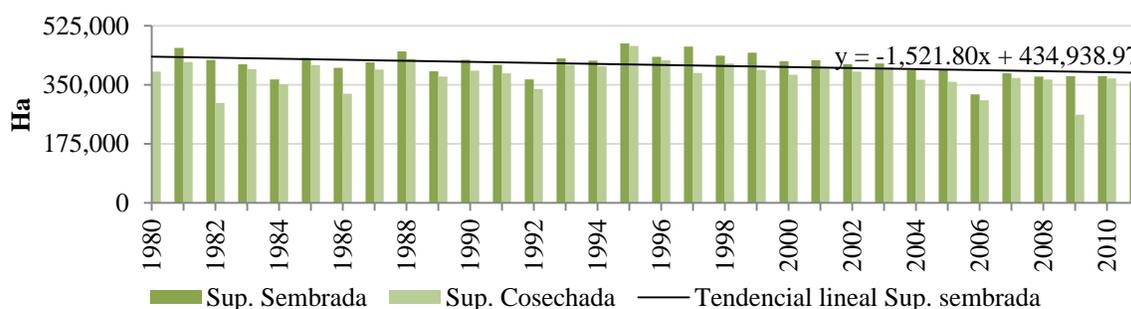
Fuente: elaboración propia a partir de SIAP, 2013

<sup>37</sup> Este cambio podría explicarse por el incremento en las cabezas de ganado, especialmente bovino en el estado, pues en el periodo 1995-2012 éste incrementó en 86.3 por ciento a razón de cuatro mil cabezas por año (SIAP, 2013).

En el estado de Michoacán, durante el periodo 1980-2011, en el ciclo primavera-verano se siembran en promedio 486 mil hectáreas de maíz, de las cuales se logran cosechar 450 mil hectáreas; esto es aproximadamente 92 por ciento de siembra exitosa (cálculos propios a partir de SIAP, 2013).

En 1995 (un año después de la creación de Procampo y la entrada del NAFTA) se alcanza el máximo en la superficie de maíz de temporal sembrada en el ciclo primavera-verano. A partir de ese año, la superficie de maíz de temporal comienza a reducirse ligeramente hasta alcanzar el mínimo en 2006. En los últimos 5 años (2007-2011), la superficie de maíz sembrada se ha mantenido alrededor de las 370,000 hectáreas. En promedio, el periodo 1980-2011 observa una tendencia de -1,521 ha de temporal por año (significante al 95 por ciento) (ver gráfica 4.15).

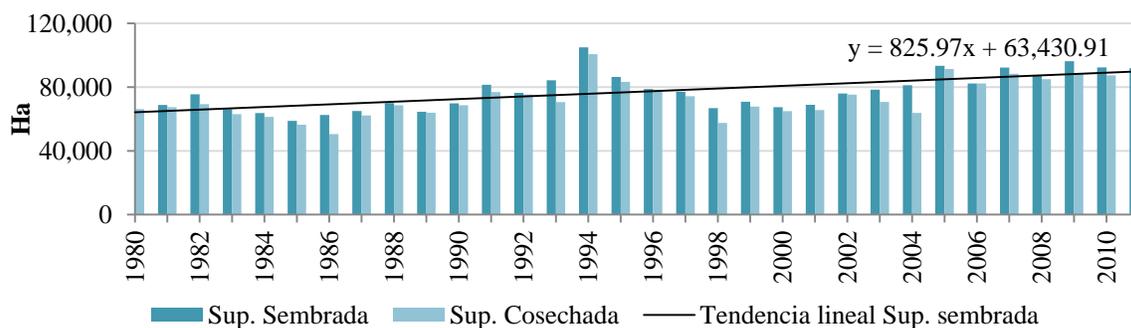
**Gráfica 4. 15: Maíz, superficie sembrada y cosechada (temporal primavera-verano) y tendencia lineal de la superficie sembrada en Michoacán (ha), 1980-2011**



Fuente: elaboración propia a partir de información de SIAP, 2013

Respecto de la superficie de maíz con riego en el ciclo primavera-verano, desde 1986 a 1994 se observa una clara tendencia a incrementar. En 1995 comienza a decrecer hasta 1998, a partir de entonces la tendencia se ha mantenido a la alza. El periodo 1980-2011 muestra un incremento de 825.97 ha de riego al año (significantes al 95 por ciento) (ver gráfica 4.16). La contracción en la superficie sembrada sugiere que la producción de maíz se ha concentrado en pocos agricultores, pero que son más productivos, razón por la cual los niveles de producción y la productividad por hectárea se muestran al alza.

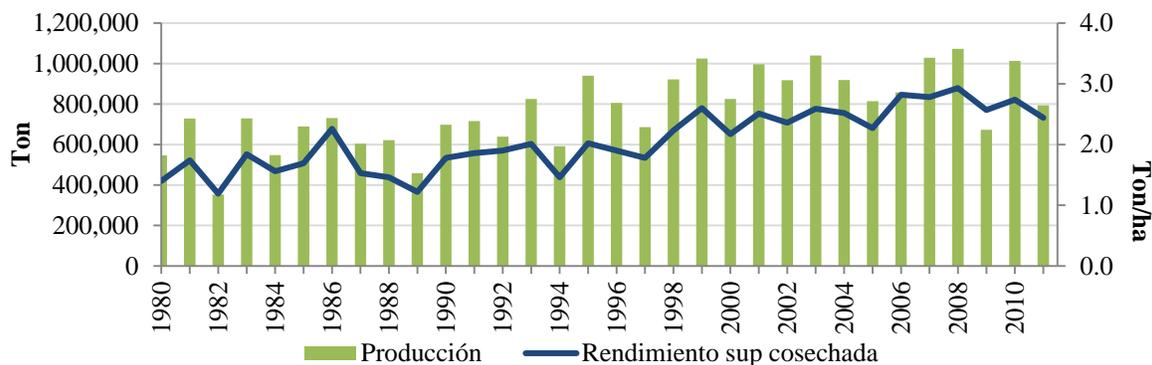
**Gráfica 4. 16: Maíz, superficie sembrada y cosechada (riego primavera-verano) y tendencia lineal de la superficie sembrada en Michoacán (ha), 1980-2011**



Fuente: elaboración propia a partir de información de SIAP, 2013

El volumen de producción total (riego más temporal) ha aumentado a razón de 25,696 ton por año (significantes al 95 por ciento). La razón de este incremento es que los rendimientos han crecido de forma constante cada año. En el caso de la producción de temporal, los rendimientos aumentan a razón de 0.04 ton/ha cada año (con significancia al 95 por ciento), pasando de 1.74 ton/ha en 1980 a 2.44 ton/ha en 2011 (ver gráfica 4.17).

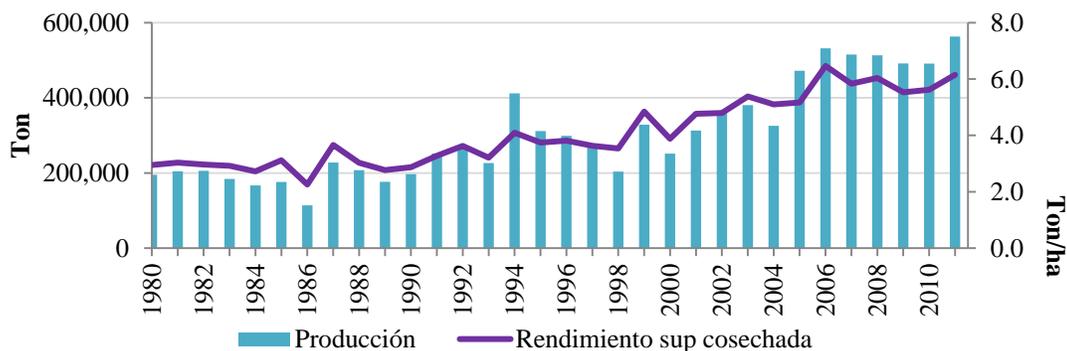
**Gráfica 4. 17: Volumen (ton) y rendimiento (ton/ha) de la producción de maíz de temporal en Michoacán, 1980-2011**



Fuente: elaboración propia a partir de información de SIAP, 2013

En lo que se refiere a la producción de riego, los rendimientos han aumentado a un ritmo más acelerado, 0.11 ton/ha anual (significancia al 95 por ciento), pues mientras en 1980 los rendimientos eran de 2.95 ton/ha, en 2011 la productividad del riego es de 6.15 ton/ha (ver gráfica 4.18).

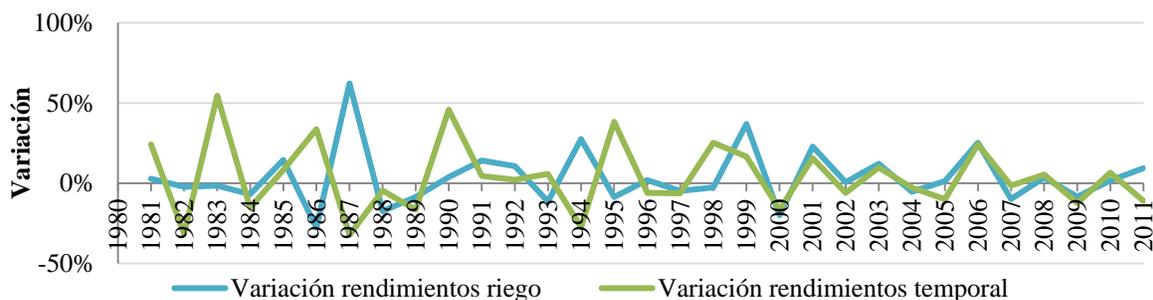
**Gráfica 4. 18: Volumen (ton) y rendimiento (ton/ha) de la producción de maíz de riego en Michoacán, 1980-2011**



Fuente: elaboración propia a partir de información de SIAP, 2013

La variación anual en los rendimientos de riego y de temporal muestra un comportamiento inverso en el periodo 1980-1999, pues en los años en los se registra una contracción en los rendimientos de riego, coincide con una expansión de los de temporal; así mismo en ese periodo el comportamiento en general se observa más caótico que a partir de 1999, cuando las variaciones son menores, además de que se homogeniza el comportamiento de riego y de temporal (ver gráfica 4.19).

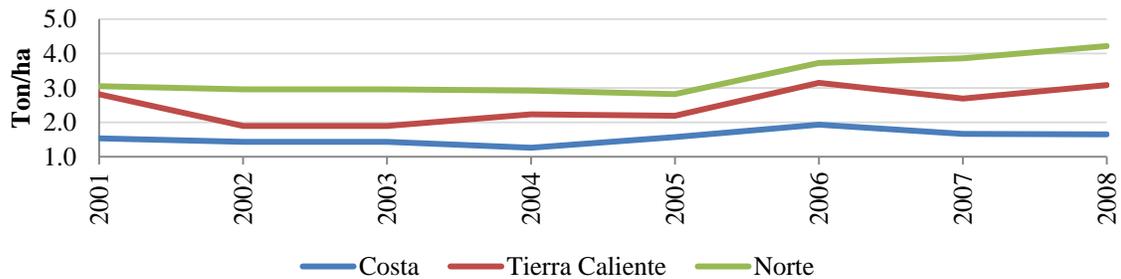
**Gráfica 4. 19: Variación anual de los rendimientos de riego y de temporal, 1980-2011**



Fuente: elaboración propia a partir de información de SIAP, 2013

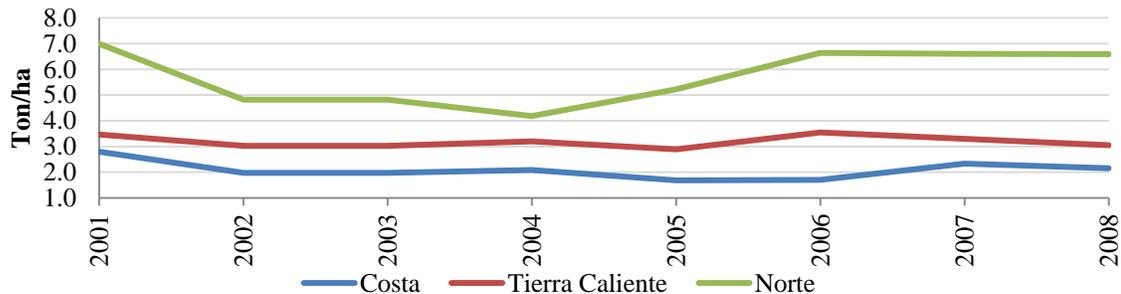
Si bien los rendimientos de la producción de riego se muestran a la alza en las tres regiones del estado, la región Norte tiene los mejores resultados tanto en riego como en temporal. Los menores niveles de productividad se presentan en la Costa, a pesar de que esta región tiene temperaturas menos cálidas que Tierra Caliente. Esta última, bajo condiciones de riego se aproxima a los rendimientos de la producción de temporal del Norte (alrededor de 3.0 ton/ha) (ver gráfica 4.20 y 4.21).

**Gráfica 4. 20: Rendimientos de temporal (ton/ha) durante 2001-2008, promedio según región**



Fuente: elaboración propia a partir de información de SIAP, 2013

**Gráfica 4. 21: Rendimientos de riego (ton/ha) durante 2001-2008, según región y disponibilidad de riego**

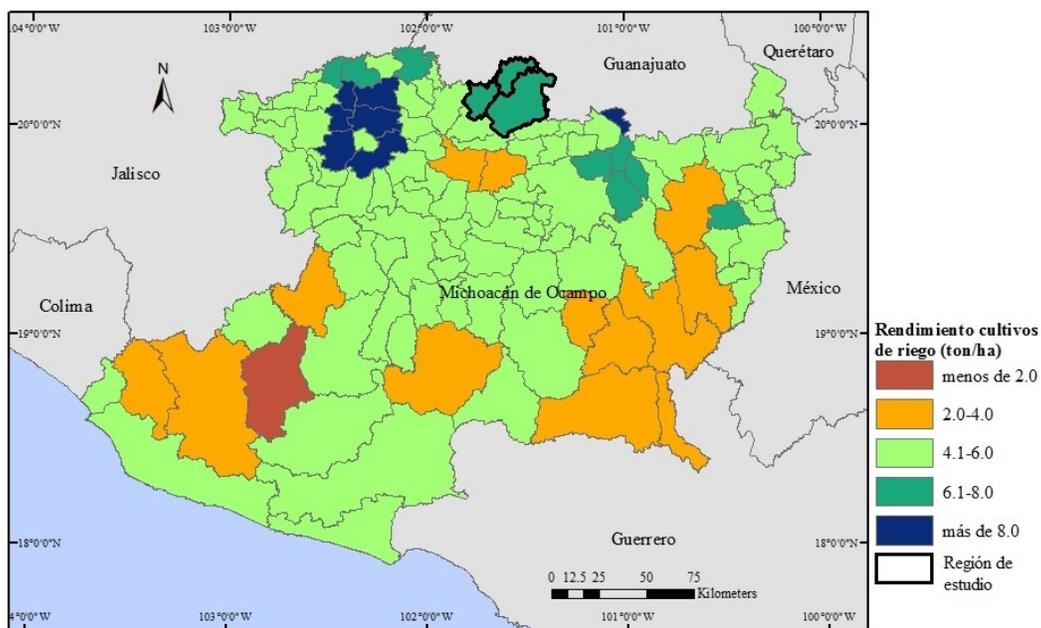


Fuente: elaboración propia a partir de información de SIAP, 2013

En el mapa 4.10 se presentan los rendimientos de maíz de riego por municipio, se puede apreciar que los municipios del norte del estado, especialmente los de la región occidente se distinguen por alcanzar cosechas superiores a las 8.0 ton/ha. En el caso de la región de estudio los rendimientos fueron: José Sixto Verduzco 7.47 ton/ha; Puruándiro 7.49 ton/ha; Angamacutiro 7.56 ton/ha.

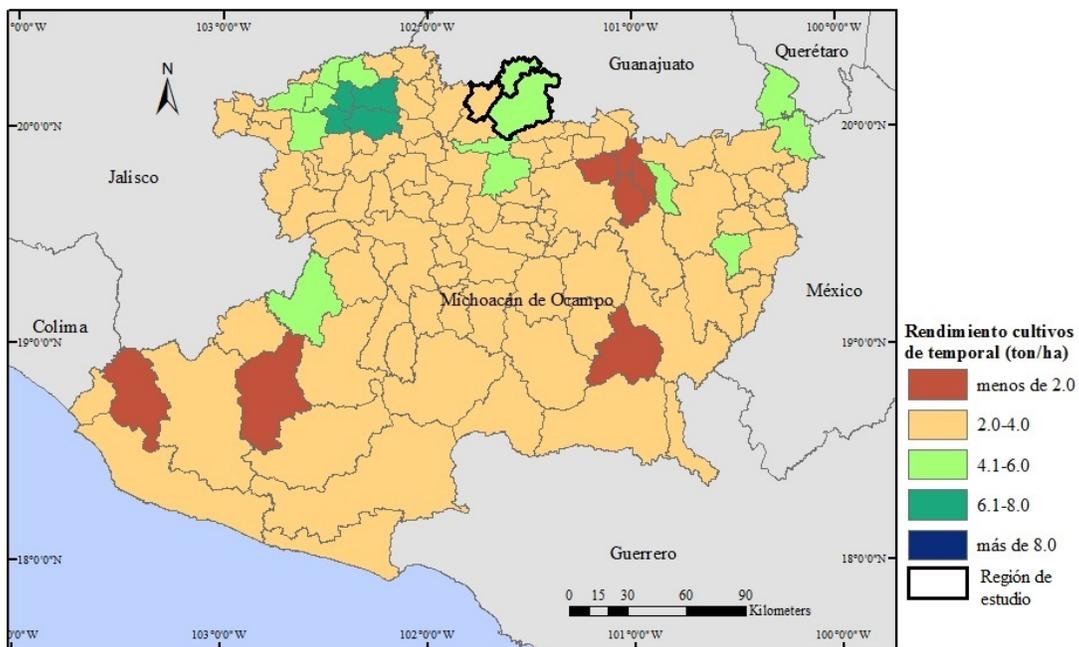
En el mapa 4.11 se observa que los rendimientos de temporal son menores a los de riego, sin embargo, la zona más productiva sigue siendo el norte-occidente del estado. Respecto a la región de estudio, los niveles de productividad fueron: José Sixto Verduzco y Puruándiro 3.74 ton/ha; Angamacutiro 3.21 ton/ha.

**Mapa 4. 10: Rendimientos de maíz de riego (ton/ha) por municipio, 2010**



Fuente: elaboración propia a partir de información de SIAP, 2013 sobre la base de Inegi, 2010

**Mapa 4. 11: Rendimientos de maíz de temporal (ton/ha) por municipio, 2010**

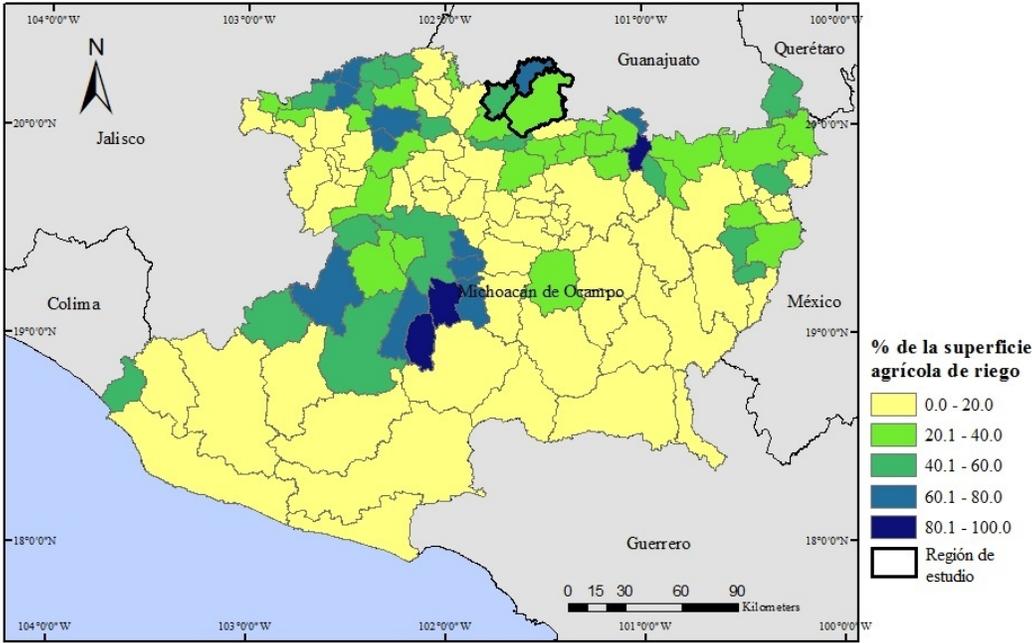


Fuente: elaboración propia a partir de información de SIAP, 2013 sobre la base de Inegi, 2010

Vale la pena resaltar que en los mapas 4.10 y 4.11, si bien los rendimientos más altos se registran en la región norte, la cual observa las condiciones para un alto potencial del maíz (mapas 4.6 y 4.7), existen municipios de dicha region con rendimientos medios semejantes a los que se presentan en otras regiones del estado, lo cual da muestra de que las condiciones no climáticas ejercen gran influencia en los resultados de las cosechas.

La disponibilidad de riego es una condición que ha permitido incrementar los rendimientos. En el mapa 4.12 se muestra la superficie sembrada con maíz en 2010 que tiene disponibilidad de riego según el municipio de que se trate. Se observa que en la zona de Tierra Caliente es mayor la presencia del riego, en tanto que la Costa del estado es donde existe menor disponibilidad del mismo. En el caso de la región de estudio, los municipios con más superficie de riego donde se siembra maíz son José Sixto Verduzco con 67.82 por ciento, le sigue Angamacutiro con 48.94 por ciento y Puruándiro es 24.85 por ciento (mapa 4.12).

**Mapa 4. 12: Proporción de la superficie sembrada de maíz que tiene sistemas de riego, 2010**

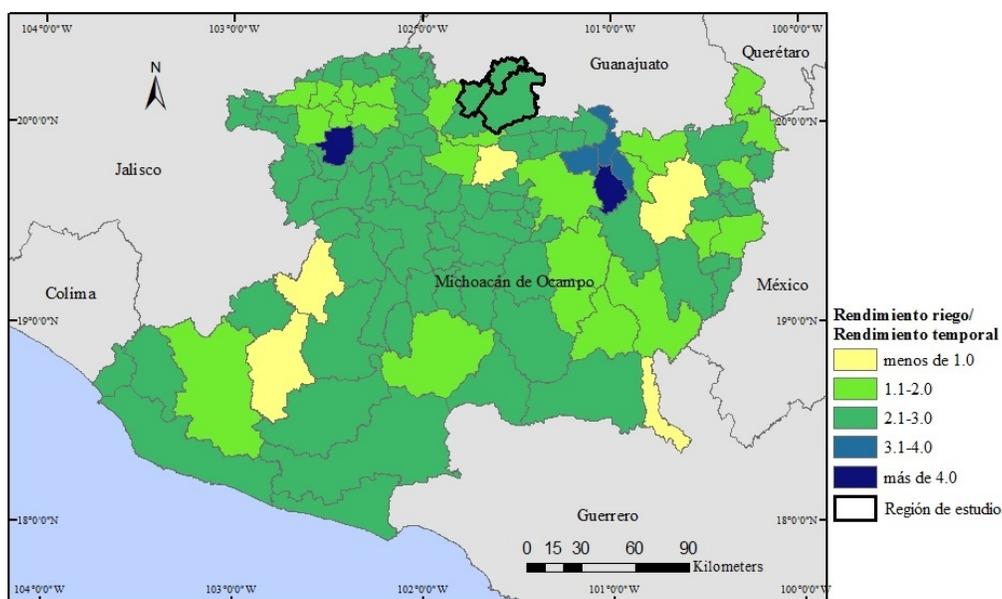


Fuente: elaboración propia a partir de información de SIAP, 2013 sobre la base de Inegi, 2010

Es importante hacer notar que en Tierra Caliente, a pesar de tener una importante infraestructura para riego (mapa 4.12), sus rendimientos de maíz no han mostrado un incremento significativo, mientras que en la zona norte si. Lo anterior se puede atribuir parcialmente a las altas temperaturas prevaescentes en Tierra Caliente (más bajas en la zona norte) y a la incidencia de plagas; además, la baja relevancia del maíz en esa región sugiere que ese grano es producido principalmente para autoconsumo.

Si bien la mayoría de los municipios de Michoacán tienen menos de 20 por ciento de superficie de maíz con riego, aquellos que tienen entre 20 y el 60 por ciento son los que presentan mas altos rendimientos. En el mapa 4.13 se puede observar la proporción de los rendimientos de los cultivos de maíz de riego respecto de los de temporal; por ejemplo, el color azul oscuro indica que por cada tonelada por hectarea obtenida con temporal, se obtienen 4 toneladas por hectárea en condiciones de riego; como se aprecia esta proporción no esta condicionada por la región de que se trate. En el caso de los municipios del caso de estudio (Puruándiro, José Sixto Verduzco y Angamacutiro), se obtienen, respectivamente, 2.1, 2.0 y 2.35 ton/hade riego por cada tonelada por hectárea de temporal (mapa 4.10), lo cual indica que en Angamacutiro, el factor riego influye más para lograr rendimientos altos.

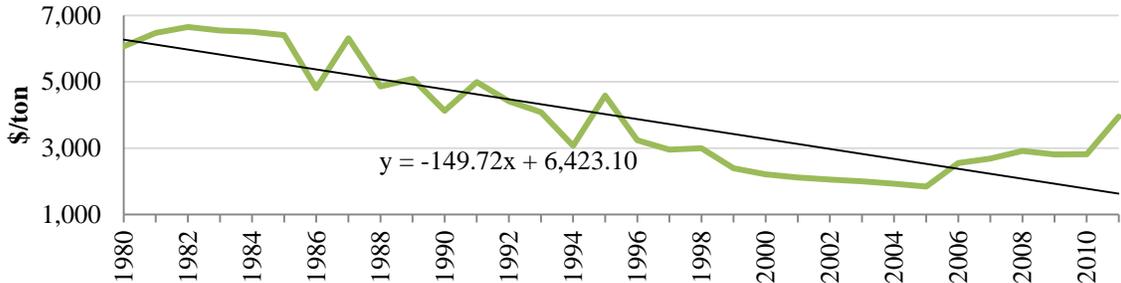
**Mapa 4. 13: Proporción de los rendimientos de riego respecto de los rendimientos de temporal por municipio, 2010**



Fuente: elaboración propia a partir de información de SIAP, 2013 sobre la base de Inegi, 2010

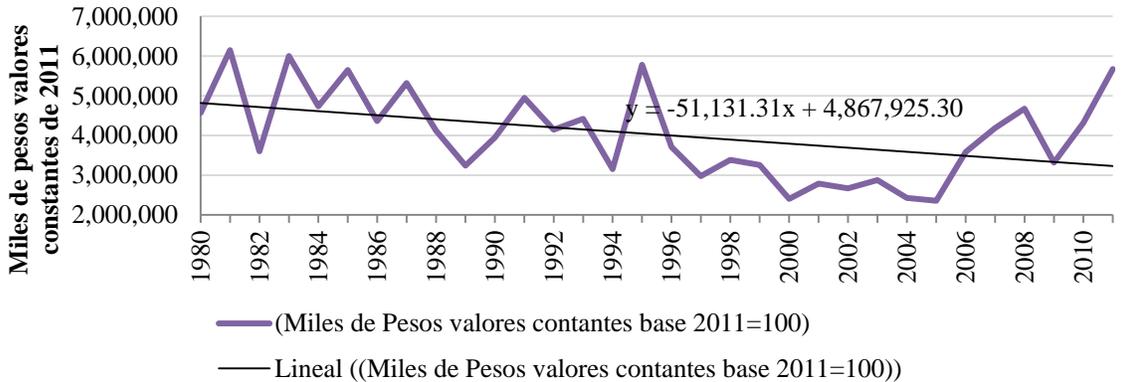
La reducción de la superficie sembrada a pesar del incremento en los rendimientos, puede encontrar explicación en la propensión del Precio Medio Rural (PMR), que muestra una fuerte tendencia a la baja (casi 150 pesos por año con significancia al 95 por ciento) (ver gráfica 4.22), lo que genera que el valor de la producción estatal también observe esta tendencia a la baja (51,131 pesos por año con significancia al 95 por ciento) (ver gráfica 4.23)<sup>38</sup>.

**Gráfica 4. 22: Precio medio rural del maíz en Michoacán (\$ por ha) precios constantes de 2011, 1980-2011**



Fuente: elaboración propia a partir de información de SIAP, 2013

**Gráfica 4. 23: Valor de la producción del maíz en Michoacán, 1980-2011, valores contantes 2011**



Fuente: elaboración propia a partir de información de SIAP, 2013

<sup>38</sup> El PMR y el valor de la producción se deflactaron usando el Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC) con base 2011=100 para obtener los valores constantes.

La situación del sector agrícola del maíz sugiere una presencia cada vez mayor de la producción de riego en Michoacán, la cual genera mejores niveles de productividad. Sin embargo, esos beneficios se concentran en algunos cuantos productores cuyos terrenos cuentan con sistemas de riego, en tanto que gran parte de los agricultores siguen produciendo bajo temporal con menores rendimientos. Esa situación apunta a la necesidad de contemplar las diferencias entre los impactos potenciales de la variabilidad y el cambio climático, según se trate de agricultura de riego o de temporal.

#### 4.3. La sensibilidad del sector agrícola del maíz ante la variabilidad climática

La sensibilidad del sector agrícola se aborda en dos dimensiones: considerando el componente natural por medio de las condiciones agroclimáticas, y el componente humano, a partir de la contribución de esta actividad a los ingresos totales de los productores.

##### 4.3.1. La sensibilidad del sector agrícola en su componente natural

El componente natural de la sensibilidad se aborda a partir de los umbrales para los cuales se emiten las declaratorias de siniestro. El Gobierno Mexicano<sup>39</sup> a través del sistema de seguros de Agroasemex S.A.<sup>40</sup> tiene una serie de detonadores (*triggers*) o parámetros<sup>41</sup> con los que se determinan las declaratorias de siniestros para pagar los seguros catastróficos a los productores agrícolas afectados por fenómenos hidroclimáticos. Para el caso del maíz se manejan tres periodos de siniestros:

---

<sup>39</sup> Programa Integral de Desarrollo Rural, en su componente de Atención a Desastres Naturales en el Sector Agropecuario y Pesquero (Cadena), el cual es operado por Sagarpa (DOF, 24 de diciembre de 2013)

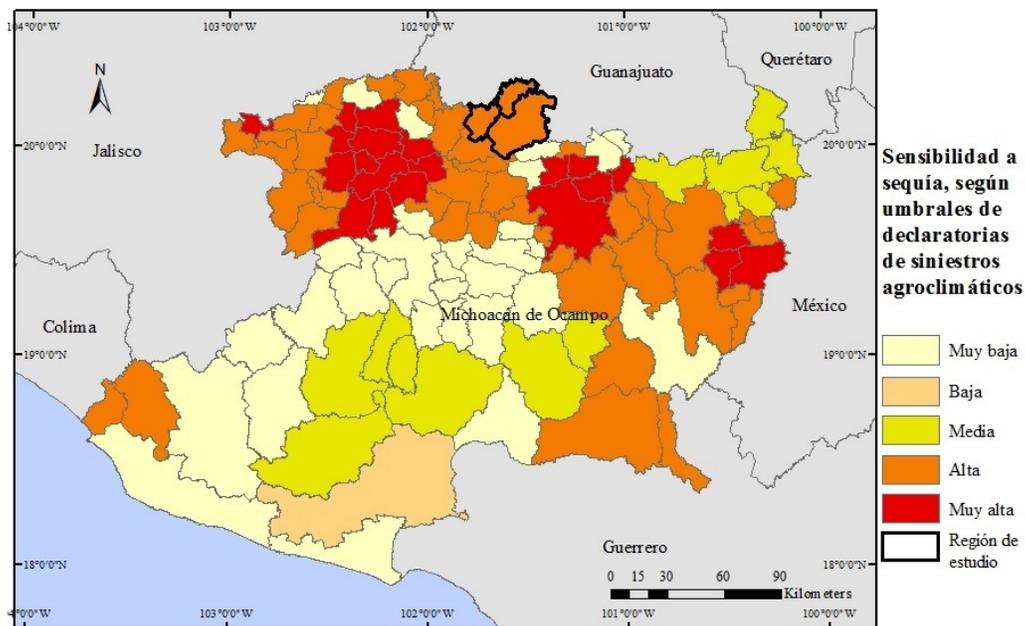
<sup>40</sup> Agroasemex tiene la obligación de operar los seguros, los cuales son contratados por Sagarpa

<sup>41</sup> Parámetros con base en registros diarios próximos a las zonas agrícola durante un mínimo de 30 años. Se establecen los niveles de precipitación para los cuales la productividad del cultivo no es suficiente para recuperar los costos de producción (Cadena, 2014)

- Etapa 1, 20 de mayo<sup>42</sup> al 30 de junio, sólo se considera sequía
- Etapa 2, 01 de julio al 14 de agosto, se considera sequía y lluvia intensa
- Etapa 3, 15 de agosto al 13 de octubre, se considera sequía y lluvia intensa

Los umbrales de sequías y lluvia intensa son establecidos para cada municipio en específico; en general durante la temporada de crecimiento del maíz (mayo-octubre), se considera que la zona más sensible a siniestros agroclimáticos es el norte del estado (ver mapa 4.14 y 4.15).

**Mapa 4. 14: Sensibilidad<sup>43</sup> a la sequía, según los umbrales para declaratoria por siniestros agroclimático en Michoacán emitida por Agroasemex, 2013**

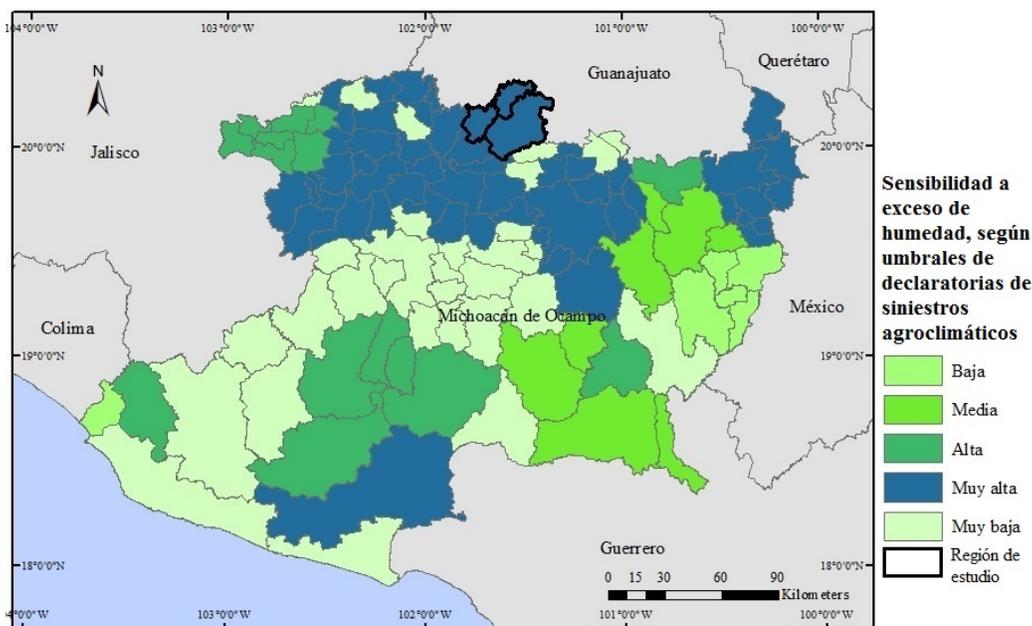


Fuente: elaboración propia a partir de información proporcionada por Sedru, sobre la base de Inegi, 2010

<sup>42</sup> Para el periodo 1980-2008, la fecha media del inicio de la temporada lluvias fue el 27 de mayo, en tanto que la fecha media en que finalizó fue el 26 de octubre (estimaciones propias a partir del Clicom, 2013)

<sup>43</sup> La clasificación de los niveles de sensibilidad a sequía y exceso de humedad se realiza con base en los umbrales para las declaratorias de siniestros agroclimáticos en Michoacán para el 2013; una baja sensibilidad a la sequía implica que los umbrales son establecidos a niveles muy bajos de precipitación (por ejemplo 30 mm en la etapa 1); una baja sensibilidad al exceso de humedad refleja que los umbrales de precipitación son muy altos (más de 1,000 en la etapa 2).

**Mapa 4. 15: Sensibilidad al exceso de humedad, según los umbrales para declaratoria por siniestros agroclimático en Michoacán emitida por Agroasemex, 2013**

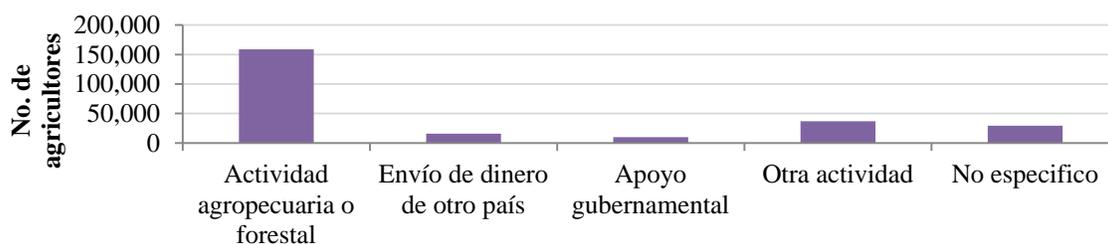


Fuente: elaboración propia a partir de información proporcionada por Sedru, sobre la base de Inegi, 2010

#### 4.3.2. La sensibilidad del sector agrícola en su componente humano

Como se observa en la gráfica 4.24, la fuente principal de ingreso<sup>44</sup> de los agricultores son las actividades agropecuarias o forestales, sin embargo se estima que 3 de cada 10 productores tiene por lo menos dos fuentes de ingreso de las que se mencionan (cálculos propios a partir de información del Inegi, 2013).

**Gráfica 4. 24: Agricultores de Michoacán, según el origen de sus ingresos totales, 2007**

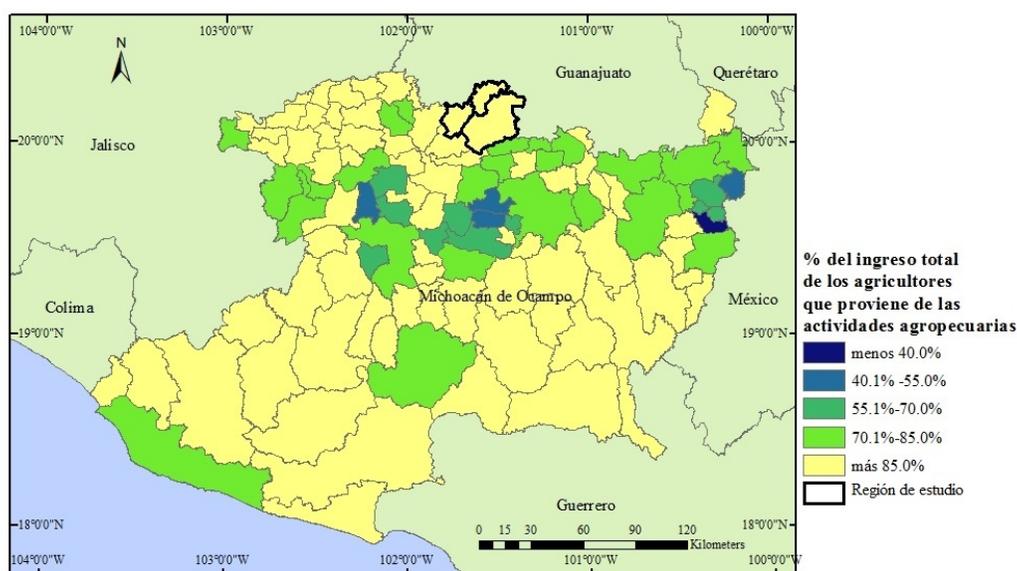


Fuente: elaboración propia a partir de Inegi, 2013

<sup>44</sup> La información proviene de la pregunta 143 del cuestionario del censo, donde se les da una lista de opciones para que respondan sí o no, dependiendo si perciben ingreso de esa fuente y posteriormente se les pide que las ordenen según orden de importancia.

En la mayoría de los municipios más del 85 por ciento del ingreso de los agricultores depende de las actividades agropecuarias, lo que revela la gran dependencia de los productores respecto del éxito de sus cosechas (ver mapa 4.16). Lo anterior refleja una gran sensibilidad respecto de las condiciones climáticas y no climáticas que influyen en los rendimientos del cultivo de maíz, pero también la disminución del precio medio rural del maíz y por tanto de los valores de la producción (presentado en las gráficas 4.20 y 4.21).

**Mapa 4. 16: Porcentaje del ingreso total de los agricultores que depende de actividades agropecuarias, 2007**



Fuente: elaboración propia a partir de Inegi, 2013, sobre la base de Inegi, 2010

Los bajos precios de maíz perjudican mucho a los agricultores, quienes expresan que no alcanzan a recuperar la inversión que tienen que hacer para poder producir, pues como un comisario ejidal menciona: *“eso es lo que nos tiene desanimados, que vamos a sembrar y no vas a sacar lo de la inversión, porque el precio de la semilla [grano de maíz] está muy por debajo y los insumos muy altos”*.

A pesar de ese sentimiento de frustración por los bajos precios del maíz, también existe cierto afecto al cultivo derivado de la tradición de realizar la cosecha, pues como un funcionario de gobierno lo expresa: *“pues algo así de cultural y de herencia de padre a hijo, es el cultivo de siempre”*.

Los factores que influyen en el nivel de ingreso de los agricultores y la resistencia a dejar de producir este cultivo, no solo afectan a los productores, sino que también tienen repercusiones en sus hogares, considerando el número de personas que dependen de ellos. Se estima que en el estado de Michoacán, de cada agricultor dependen en promedio 3 personas, de las cuales 2 son mayores de 18 años y 1 es menor de edad (según estimaciones propias a partir del Inegi, 2013).

En este sentido, la cosecha de maíz se ha convertido en un tipo de forma de vida, pues según los actores públicos, a diferencia de otros cultivos (como la caña de azúcar), el maíz demanda una relación más cercana (cuidado día con día) y con ello se convierte en la principal ocupación de quienes la realizan, al menos durante el ciclo de producción.

Además de lo anterior, recordemos que el maíz es materia prima de la tortilla, el principal alimento de los mexicanos, por lo que la cosecha del grano, si bien no generan ganancias significativas, se considera una cuestión de subsistencia, como se puede apreciar en las declaraciones de un agricultor: *“pues el dinero es poco, pero la producción tenemos que hacerla, porque pues todo el mundo necesitamos tortilla para comer y vivir”*.

#### 4.4. Impactos de la variabilidad climática en la agricultura de maíz en Michoacán

Para evaluar los impactos de la variabilidad climática sobre la agricultura de maíz en el estado de Michoacán se desarrollan tres modelos: uno de forma general para toda la producción estatal y los otros dos haciendo distinción según la disponibilidad de agua (agricultura de riego y de temporal). Los resultados de dichos modelos se complementan con el recuento de las declaratorias de siniestros agroclimáticos en el periodo 2003-2012 y con la evaluación cualitativa a partir de la percepción de los impactos por parte de los agricultores.

#### 4.4.1 Variabilidad climática y su relación con la productividad del maíz en Michoacán

Como se explica en el Capítulo II, para establecer la relación entre rendimientos agrícola del maíz y la variabilidad climática durante el periodo 1980-2008, se realiza un análisis multivariado que sigue la forma general:

$$\text{Rendimientos} = f(\text{Tmáx, Precip, ENSO}) \quad (\text{Ec. 5})$$

**Tabla 4. 1: Mejores resultados del modelo de rendimiento de superficie sembrada y cosechada usando un análisis multivariado con significancia al 95 por ciento**

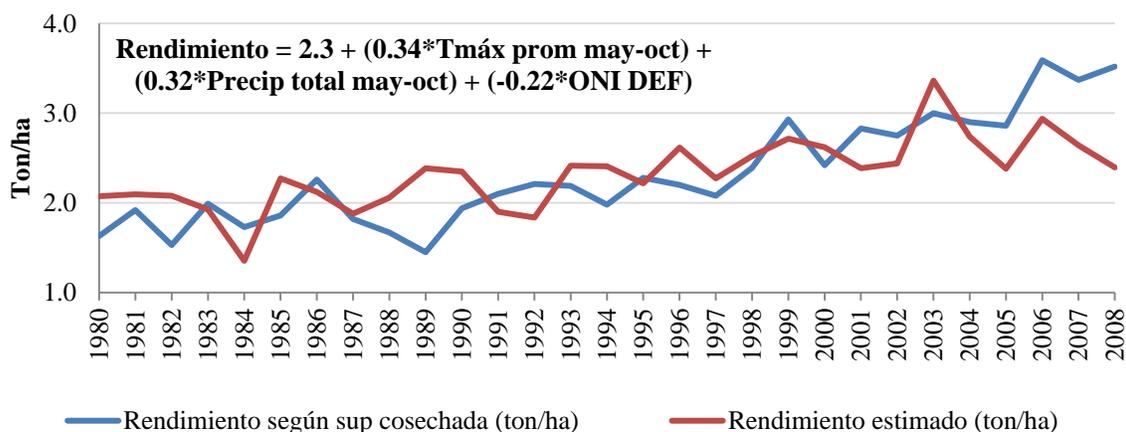
	No.	Modelos significativos al 95%	R	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> ajustada
<b>Sup. sembrada</b>	1	Rendimiento = F (Tmáx prom may-oct, Precip total may-oct, ONI DEF)  Rendimiento = -6.94 + (0.25 Tmáx prom may-oct) + (0.003 Precip total may-oct) + (-0.20 ONI DEF)	0.64	0.41	0.34
<b>Sup. cosechada</b>	2	Rendimiento = F (Tmáx prom may-oct, Precip total may-oct, ONI DEF)  Rendimiento = -7.24 + (0.27 Tmáx prom may-oct) + (0.002 Precip total may-oct) + (-0.22 ONI DEF)	0.65	0.42	0.35
<b>Modelo estandarizado (sup. cosechada)*</b>	3	Rendimiento = f (Tmáx prom may-oct, Precip total may-oct, ONI DEF)  Rendimiento = 2.3307 + (0.3408 * Tmáx prom may-oct) + (0.3206 * Precip total may-oct) + (-0.22 * ONI DEF)	0.65	0.42	0.35

\*Se estandarizaron las variables Tmáx y Precip aplicando a cada dato la fórmula  $(t_i - t_{med}) / \text{desv. estándar}$   
Fuente: elaboración propia a partir de los resultados de los modelos

Los mejores resultados con significancia al 95 por ciento se presentan en la tabla 4.1. Los resultados de los rendimientos tanto para superficie sembrada como para superficie cosechada son similares, tanto en el grado de correlación como en los valores de los coeficientes de las variables. De los tres modelos presentados en la tabla 4.1 se elige el modelo 3, ya que ofrece los valores de correlación y determinación y los coeficientes para cada variable más altos.

Con el modelo 3, la temperatura máxima promedio durante el periodo mayo-octubre, la precipitación total mayo-octubre y el Índice Oceánico El Niño (ONI) de diciembre del año inmediato anterior a febrero del año en cuestión explican un 35.25 por ciento de la variación de los rendimientos (ton/ha) por superficie cosechada durante el periodo de estudio (1980-2008). Este modelo muestra una relación positiva respecto de la temperatura máxima promedio y la precipitación total en el periodo mayo-octubre y una relación inversa respecto de los valores de ONI invernales (DEF)<sup>45</sup>. El ajuste del modelo 3 se presenta en la gráfica 4.25, donde se aprecia que las estimaciones conservan la tendencia de los rendimientos observados.

**Gráfica 4. 25: Ajuste del modelo lineal de rendimientos totales por superficie cosechada, observado vs estimado**



Fuente: elaboración propia a partir del modelo seleccionado y de información de SIAP, 2013 y Clicom, 2013

<sup>45</sup> Esto implica que cuando los valores ONI son positivos (cuando hay un Niño), los rendimientos bajan

Esos resultados muestran la relación general para la producción de maíz en Michoacán, sin embargo es necesario considerar que esas condiciones tendrán diferente repercusión en los niveles de productividad según se trate de cultivos de riego o de temporal, por lo cual se aplica el modelo 3 diferenciando estas condiciones y obteniendo los resultados de la tabla 4.2.

**Tabla 4. 2: Mejores resultados del modelo de rendimiento usando un análisis multivariado con significancia al 95 por ciento, según disponibilidad de riego**

	N o.	Modelos significativos al 95%	R	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> ajustada
<b>Riego (sup. Cosechada)</b>	4	Rendimiento = f (Tmáx prom may-oct, Precip total may-oct, ONI ENSO)  Rendimiento = -15.4309 + (0.56*Tmáx prom may-oct) + (0.004*Precip total may-oct) + (-0.43*ONI DEF)	0.67	0.45	0.39
<b>Riego Estandarizado (sup. cosechada)</b>	5	Rendimiento = f (Tmáx prom may-oct, Precip total may-oct, ONI ENSO)  Rendimiento = 3.93 + (0.71*Tmáx prom may-oct) + (0.56*Precip total may-oct) + (-0.43*ONI DEF)	0.67	0.45	0.39
<b>Temporal (sup. Sembrada)</b>	6	Rendimiento = f (Tmáx prom may-oct, Precip total may-oct, ONI ENSO)  Rendimiento = -5.10 + (0.18*Tmáx prom may-oct) + (0.002*Precip total may-oct) + (-0.15*ONI DEF)	0.64	0.41	0.34
<b>Temporal Estandarizado (Sup. sembrada)</b>	7	Rendimiento = f (Tmáx prom may-oct, Precip total may-oct, ONI ENSO)  Rendimiento = 1.8 + (0.22*Tmáx prom may-oct) + (0.33*Precip total may-oct) + (-0.15*ONI DEF)	0.64	0.41	0.34

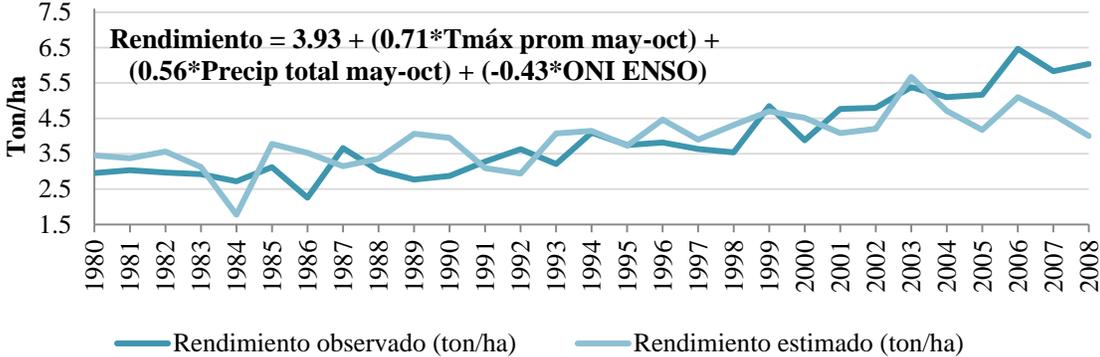
Fuente: elaboración propia a partir de los resultados de los modelos

Para el caso de la producción de riego, el mejor modelo fue el número 5. Este modelo explica el 38.65 por ciento de la variación de la productividad de riego en Michoacán. Al igual que el modelo 3, el modelo 6 expresa una relación positiva respecto a la temperatura

máxima promedio y la precipitación total de mayo a octubre y una relación inversa respecto a ENSO. Su ajuste al rendimiento observado durante el periodo 1980-2008 se muestra en la gráfica 4.26.

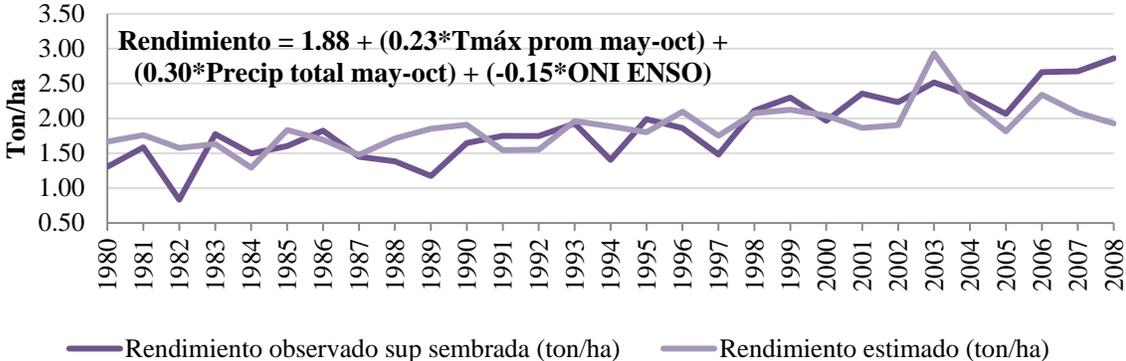
Para el caso de la producción de temporal, los mejores resultados son los que contemplan la superficie sembrada, como se considera en el modelo 7, según el cual la temperatura máxima promedio del periodo mayo-octubre y la precipitación total de la misma temporalidad, así como el índice de El Niño<sup>46</sup> para el trimestre diciembre-febrero, explican 33.53 por ciento de los rendimientos obtenidos por superficie sembrada. El ajuste se presenta en la gráfica 4.27.

**Gráfica 4. 26: Ajuste del modelo de rendimientos de riego, observado vs estimado**



Fuente: elaboración propia a partir del modelo de riego e información de SIAP, 2013 y Clicom, 2013

**Gráfica 4. 27: Ajuste del modelo de rendimientos de temporal, observado vs estimado**



Fuente: elaboración propia a partir del modelo de riego e información de SIAP, 2013 y Clicom, 2013

<sup>46</sup> Para el caso de ONI, la significancia fue de 94 por ciento

De los resultados anteriores, se puede concluir que durante el periodo 1980-2008, las condiciones climáticas durante el periodo de crecimiento del maíz, esto es, temperatura máxima promedio mayo-octubre y precipitación total mayo-octubre, así como el índice de El Niño en el periodo diciembre-enero-febrero, han incidido en los niveles de productividad (rendimientos ton/ha) de la superficie cosechada en un 35 por ciento (y un 33 por ciento considerando la superficie sembrada).

En el caso de la producción de maíz de riego, estas variables climáticas explican en un 38 por ciento de los rendimientos de la superficie cosechada y un 30 por ciento considerando la superficie sembrada.

Respecto a las temporaleras, su productividad según superficie cosechada depende en un 31 por ciento de las variables climáticas mencionadas, en tanto que los rendimientos de la superficie sembrada se explican en un 33 por ciento por las mismas. La razón del porqué es mayor la influencia de las condiciones climáticas en el caso de la superficie cosechada de riego, mientras que para el temporal es para la superficie sembrada, es por la ocurrencia de siniestros agroclimáticos, que como se expone anteriormente, afectan más a las temporaleras.

La parte de los rendimientos que no se explica por los modelos (alrededor del 65 por ciento) depende de otras condiciones, entre ellas, las que conforman la capacidad adaptativa. Este tema será abordado en el capítulo V.

#### 4.4.2. Siniestros agroclimáticos en Michoacán

Los principales siniestros agroclimáticos<sup>47</sup> en Michoacán son: sequía atípica, helada, lluvia intensa, inundación significativa y granizada (según información proporcionada por la delegación de Sagarpa en Michoacán). La sequía es el fenómeno que afecta un mayor número de municipios, ejemplo de ello son los años 2009 y 2011, donde se perjudicaron 48

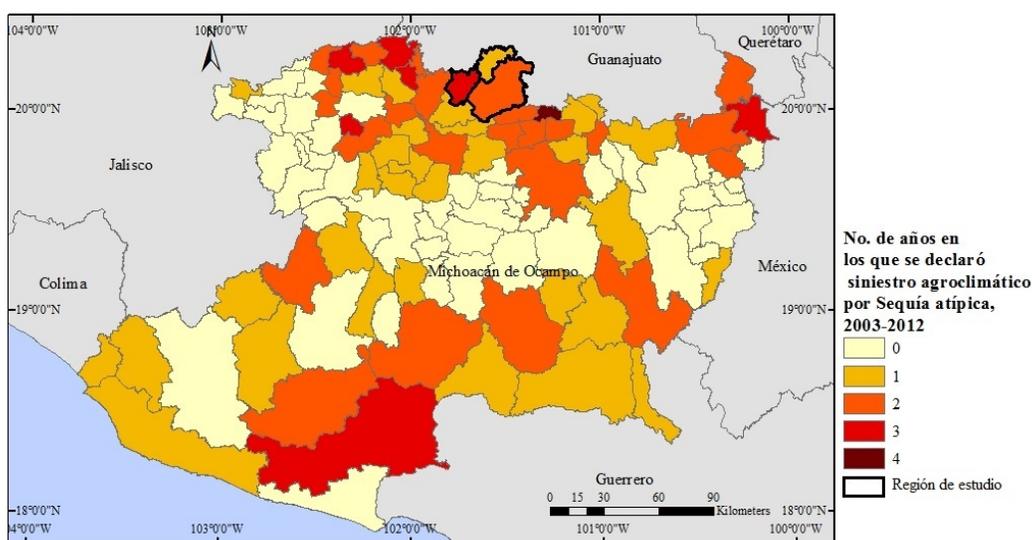
---

<sup>47</sup> Se consideran los siniestros reconocidos por Sagarpa declarados por CNA para el cobro de los seguros

y 33 municipios, respectivamente. Además de esos dos años, la región de estudio padece sequía en 2005 (mapa 4.17).

Respecto a los demás siniestros agroclimáticos, el número de municipios afectados ha sido menor. En el caso de inundación significativa, el norte del estado es donde se han presentado con mayor frecuencia este tipo de fenómenos. En la región de estudio se registraron inundaciones en los años 2003 y 2004; otro tipo de desastres que han afectado a esta zona (específicamente a Puruándiro) son las heladas, las que se presentaron en 2010 y 2011 (según información proporcionada por Sagarpa y Sedru).

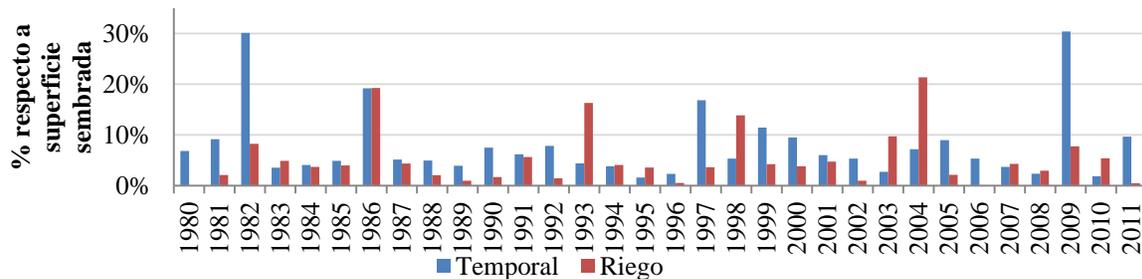
**Mapa 4. 17: Siniestros agroclimáticos por sequía atípica en Michoacán, número de años en el periodo 2003-2012**



Fuente: elaboración propia a partir de información proporcionada por la Delegación de Sagarpa, Michoacán, sobre la base de Inegi, 2010

En general, cuando ocurre algún siniestro, la superficie de temporal es la más afectada (8 por ciento contra 5 por ciento de riego, de acuerdo al promedio 1980-2011 obtenidos de cálculos propios a partir de SIAP, 2013). Sin embargo, hay algunas excepciones, pues como se observa en la gráfica 4.28, durante 1993, 1998 y 2004 la superficie de riego afectada es mayor que la de temporal.

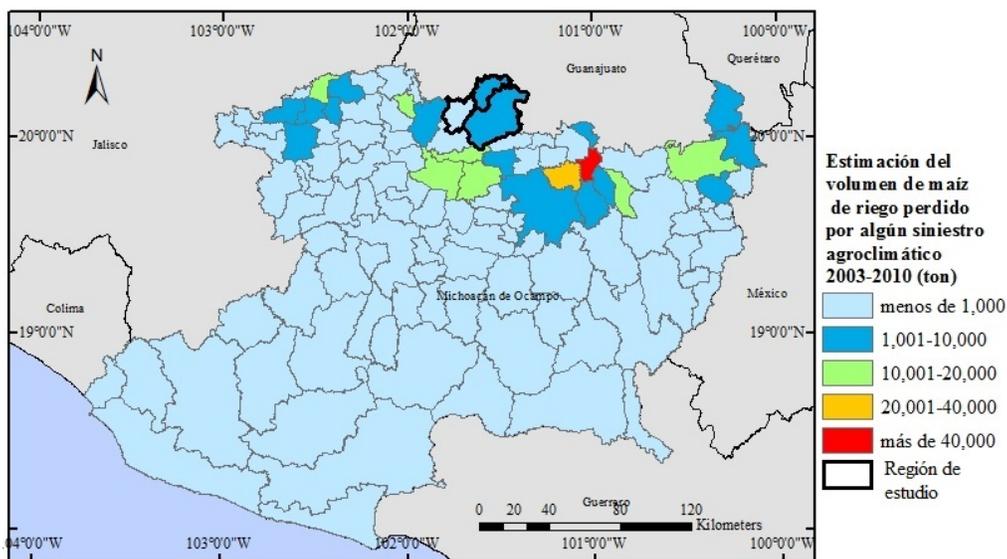
**Gráfica 4. 28: Maíz, porcentaje de la superficie siniestrada en Michoacán (% respecto a superficie sembrada) según disponibilidad de riego, 1980-2011**



Fuente: elaboración propia a partir de información de SIAP, 2013

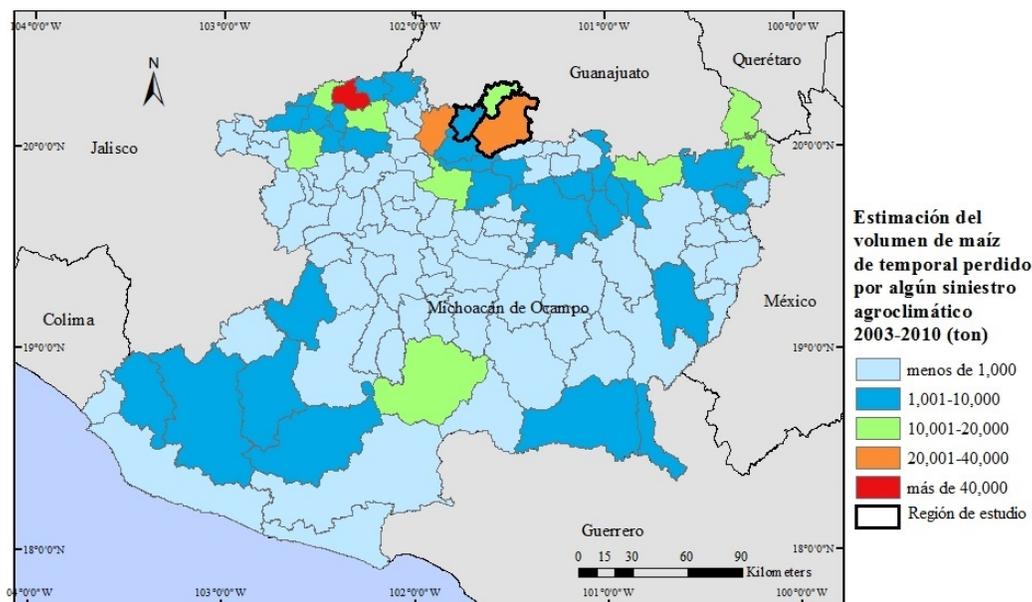
En el 2009, un 30 por ciento de la superficie sembrada es afectada por siniestros agroclimáticos, lo que resulta en pérdidas estimadas en más de 240 mil toneladas, lo que equivale al 27 por ciento de la producción total de ese año (según estimaciones propias a partir de SIAP, 2013). La mayoría de las pérdidas estimadas en el periodo 2003-2010 corresponden al maíz de temporal y se generan en la región Norte del estado. El municipio que ha acumulado las mayores pérdidas de cultivo de maíz de bajo riego es Álvaro Obregón, mientras que Tanhuato tiene las pérdidas más cuantiosas en la producción de temporal (ver mapas 4.18 y 4.19).

**Mapa 4. 18: Estimación del volumen de producción (ton) de maíz bajo condiciones de riego perdido a causa de siniestros agroclimáticos, 2003-2010**



Fuente: elaboración propia a partir de información de SIAP, 2013, sobre la base de Inegi, 2010

**Mapa 4. 19: Estimación del volumen de producción (ton) de maíz de temporal perdido a causa de siniestros agroclimáticos, 2003-2010**



Fuente: elaboración propia a partir de información de SIAP, 2013, sobre la base de Inegi, 2010

Los siniestros agroclimáticos son “valores extremos” de las condiciones climáticas que por sus efectos (pérdidas en la producción) resultan más evidentes para agricultores y para los actores públicos, razón por la cual los programas agrícolas se enfocan en remediar los estragos de éstos en cuanto a la superficie afectada o el volumen perdido. Por otra parte, los posibles cambios en la temperatura y precipitación (según las proyecciones de CC abordadas más adelante) que más bien podrían afectar los rendimientos, aún no se han vuelto objetos de algún tipo de política agrícola.

#### 4.4.3. La percepción de los impactos de la variabilidad climática en la agricultura de maíz

Si bien la variabilidad climática (considerada con las variables T<sub>máx</sub>, Precip y ONI en esta investigación) afecta aproximadamente en un 35 por ciento a los rendimientos del maíz en Michoacán, es importante también tomar en cuenta la percepción de los actores clave del sector maicero respecto de cuáles son los impactos de las condiciones climáticas en el

cultivo de este grano, como una forma de aproximación al tipo de respuestas adaptativas que se implementan en el estado. Para el caso de los actores públicos, al estar involucrados en la operacionalización de los seguros de Agroasemex y las declaratorias de siniestros por este mismo mecanismo, su percepción es que el fenómeno climático más relevante para el cultivo de maíz en Michoacán es la sequía, la cual expresan que tiene mayor repercusión si se presenta en la zona norte del estado (la zona maicera).

Otros fenómenos que los actores públicos consideran relevantes para la producción de maíz son las lluvias intensas, el exceso de humedad, las heladas y los ciclones en el caso particular de la costa. También se hace mención de las granizadas, pero sus efectos se relacionan más bien con los frutales, los cuales se producen más en la región de Tierra Caliente.

Un evento que los agricultores entrevistados tienen muy presente es la helada atípica de marzo de 2011, la cual afectó especialmente a los cultivos de trigo, pues según expresa un funcionario público: *“todavía nos cayó una helada en febrero...en marzo, principios de marzo, entonces ya cuando se suponía que todo iba a salir bien pues cayó otra vez la producción...”*.

Esta declaración es reflejo del factor sorpresa que la ocurrencia de este tipo de eventos significa para la producción agrícola en Michoacán, pues si bien se contratan seguros para disminuir las pérdidas económicas ante la posible ocurrencia de éstos, no se toman otro tipo de medidas para evitar o disminuir el alcance de las mismas; es decir, sus acciones son de carácter reactivo, no preventivo.

Respecto a la percepción de los agricultores, como se menciona anteriormente, lo más relevante para ellos es la precipitación, aunque también se notan ciertos cambios ambientales, como lo menciona un entrevistado: *“...hay maíces chicos que no alcanzan a crecer a su nivel que debe de ser, quedan chaparritos y con una mazorquita chiquita, ¿por qué?, porque el sol las está atacando [...] hace 15-20 años el sol fortalecía las plantas, esperamos que saliera el sol para que fortaleciera las plantas, ahora no, ahora el sol está quemando”*. Esta percepción se explica por la tendencia presentada en la gráfica 4.10,

donde se observa una tendencia creciente y significativa de  $0.07^{\circ}\text{C}$  por año para el periodo 1980-2008 en la temperatura máxima durante la temporada de crecimiento.

Un impacto que los agricultores tienen mucho en consideración, son las plagas<sup>48,49</sup>, las cuales describen como cada vez más resistentes a los químicos. Los entrevistados señalan que la presencia de plagas por exceso de calor y falta de lluvias no solo les significa pérdidas económicas por el detrimento de la cosecha, sino también porque resulta muy costoso adquirir plaguicidas adecuados para combatirlas, pues a pesar de solicitar apoyos al gobierno, éstos no se han materializado.

La incidencia de siniestros agroclimáticas es un factor cuyas repercusiones en los resultados de las cosechas resulta evidente para los productores y para los actores gubernamentales, lo que puede suponer cierta ventaja al plantear las repercusiones de la variabilidad climática (y el CC) a los actores clave del sector para la formulación de programas agrícolas para efectos de mitigación y adaptación.

#### 4.5. Impactos del CC en la agricultura de maíz en Michoacán para el periodo 2015-2039

Como se describe en el capítulo II, en esta investigación se emplean los escenarios de CC proporcionados por el INECC para bajas y altas emisiones (RCP 4.5 y RCP 8.5), los cuales se presentan considerando las proyecciones anuales para el periodo 2015-2039 y las proyecciones para la temporada de crecimiento (mayo-octubre) en el mismo lapso de tiempo. La información de esos escenarios se aplica a los modelos de rendimientos desarrollado en la sección anterior para generar proyecciones de los rendimientos futuros ante el CC:

---

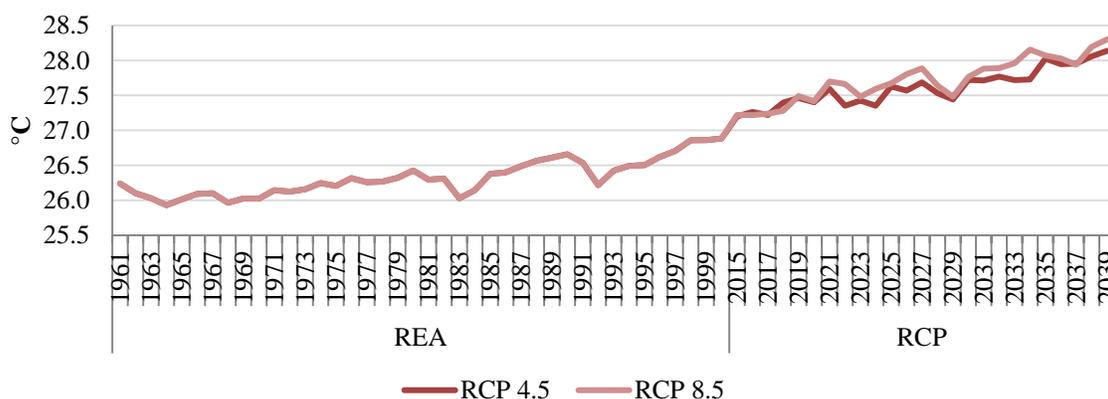
<sup>48</sup> Si bien no analizamos la incidencia de plagas con las condiciones climáticas, resulta importante rescatar la apreciación de los agricultores, los cuales señalan que la poca lluvia [y tal vez el aumento en la Tmax] favorece a los insectos que depredan las cosechas. Las principales plagas mencionadas por los agricultores son: chapulín, pulgón, gusano trozador, plaga de la roya, chahuistle, chinche, chinchilla, gusano soldado, palomilla del maíz y gusano cogollero.

<sup>49</sup> Hay carencia de información respecto de la relación plagas-clima, por lo que se considera necesario impulsar investigaciones que aborden dicha relación

#### 4.5.1. Proyecciones anuales de CC

Según información de Cavazos *et al* (2013), bajo un escenario de bajas emisiones (RCP 4.5) de gases de efecto de invernadero en el futuro cercano (2015-2039), para Michoacán se esperan incrementos en la T<sub>máx</sub> promedio anual entre 1.1°C y 1.4°C para todo el periodo. Con un escenario de altas emisiones (RCP 8.5) los incrementos proyectados son entre 1.2°C y 1.6°C en promedio para todo el periodo. Con tales proyecciones se esperan temperaturas máximas entre 27.2°C y 28.2°C en el estado según los modelos globales (ver gráfica 4.29), mientras que si se considera el valor histórico promedio observado según Clicom (alrededor de 29.0°C), la T<sub>máx</sub> esperada oscila entre 30.1°C y 30.4°C.

**Gráfica 4. 29: Variación de la T<sub>máx</sub> promedio anual en Michoacán según el ensamble REA de los modelos globales para el periodo 1961-2000 y para los escenarios RCP 4.5 y 8.5 (2015-2039)**



Fuente: elaboración propia a partir de información de Cavazos *et al*, 2013

En el mapa 4.20 se muestran geográficamente tanto los registros históricos de T<sub>máx</sub> como las proyecciones de CC<sup>50</sup> con los escenarios RCP 4.5 y 8.5 para Michoacán; si bien se pueden apreciar diferencias importantes entre los registros espaciales observados del Clicom y los datos de los modelos climáticos globales del REA, especialmente entre la región Costa y Tierra Caliente <sup>51</sup>, en ambos mapas históricos se observa que el norte del estado cuenta con temperaturas más frescas (entre 14°C y 23°C del Clicom vs 23°C y 25°C

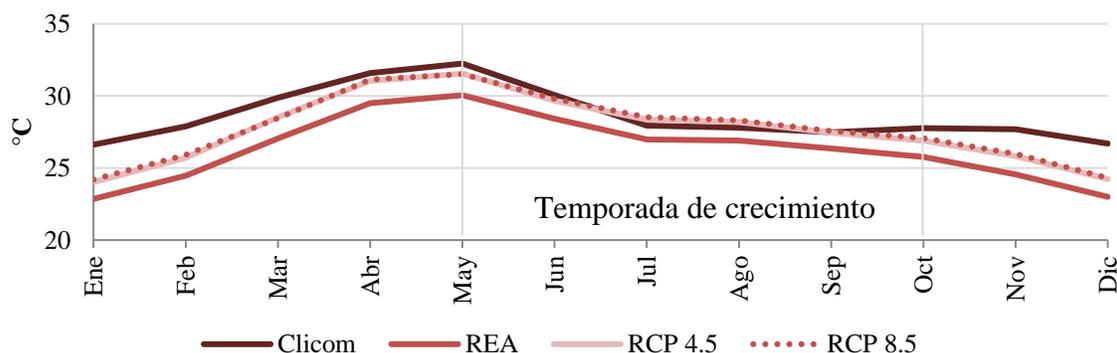
<sup>50</sup> Los escenarios no consideran la topografía del estado

<sup>51</sup> El REA tampoco alcanza a apreciar la topografía para la construcción de sus bases de datos

del REA) que las zonas próximas a la costa. Según el cambio esperado con los escenarios RCP 4.5, se proyecta que la T<sub>máx</sub> promedio del periodo 2015-2039 sea alrededor de 29°C en la región costa de Michoacán, 28°C para la mayoría de Tierra Caliente<sup>52</sup> y entre 27°C y 24°C para el resto del estado. Con los escenarios para altas emisiones (RCP 8.5), si bien las proyecciones son similares a los de RCP 4.5, se observa que es menor el territorio donde se esperan temperaturas menores a 25°C, pues las condiciones más frescas tienen un desplazamiento con dirección nororiente. En la región de estudio se espera una T<sub>máx</sub> de 26°C para el futuro cercano en ambos escenarios.

Respecto de las proyecciones mensuales, si bien los datos de T<sub>máx</sub> del REA son inferiores a los registros del Clicom, se considera que son adecuados para efectos de las proyecciones. Los mayores aumentos de temperatura se esperan entre los meses de marzo y mayo (más de 1.4°C), en tanto que el resto del año los incrementos oscilan entre 1.1°C y 1.4°C. El mes más cálido continua siendo mayo alcanzando los 31.5°C (inicio de la siembra del maíz). Al final de la temporada de crecimiento (octubre) se espera que la T<sub>máx</sub> sea alrededor de 27°C (ver gráfica 4.30).

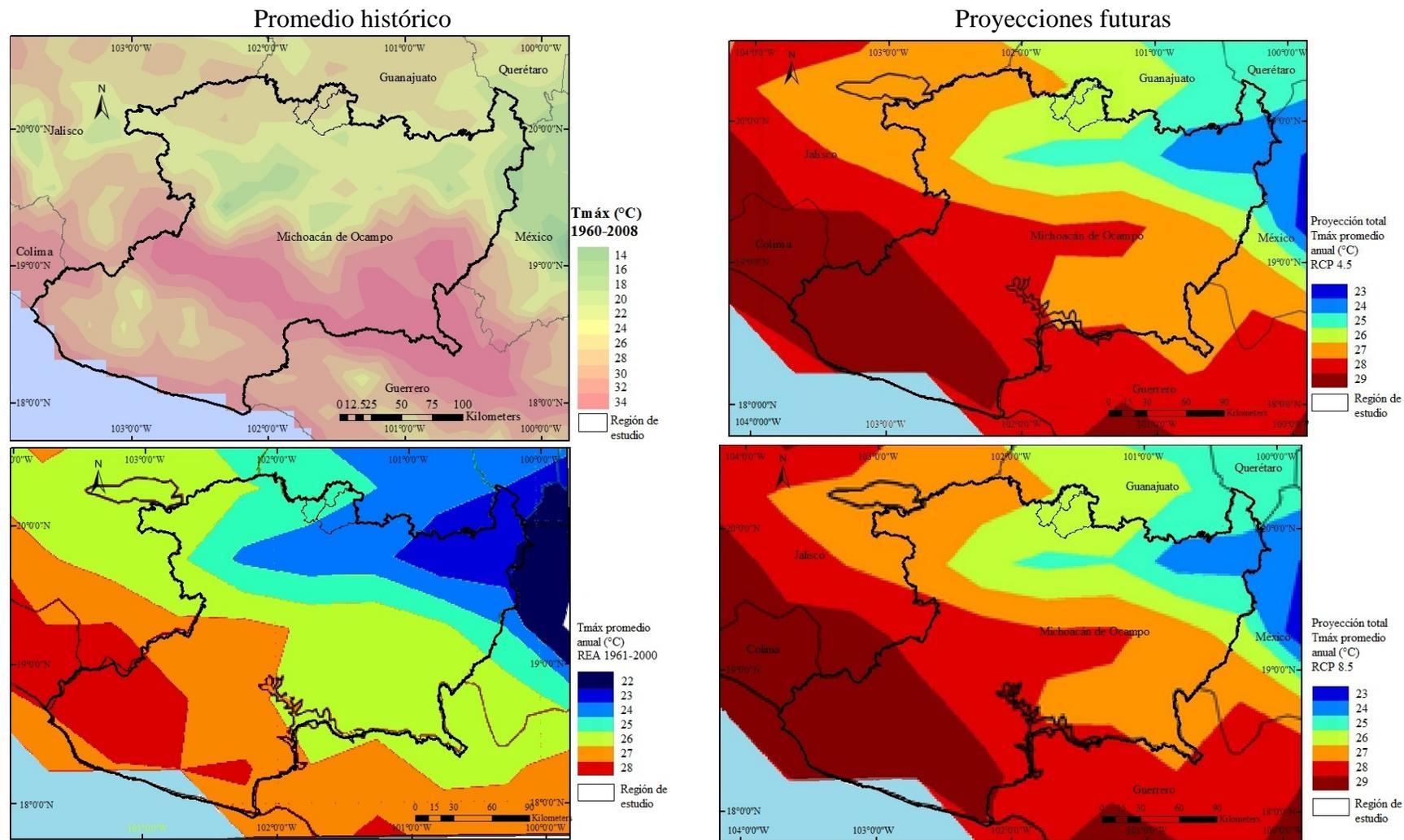
**Gráfica 4. 30: Variación de la T<sub>máx</sub> promedio mensual en Michoacán, según REA (1961-2000) y RCP 4.5 y 8.5 (2015-2039)**



Fuente: elaboración propia a partir de información de Cavazos *et al*, 2013

<sup>52</sup> En el caso de esta región, la T<sub>máx</sub> podría alcanzar niveles más extremos dada la elevación de la zona, pues como se observa en la información del Clicom, ahí se registran temperaturas de hasta 34°C

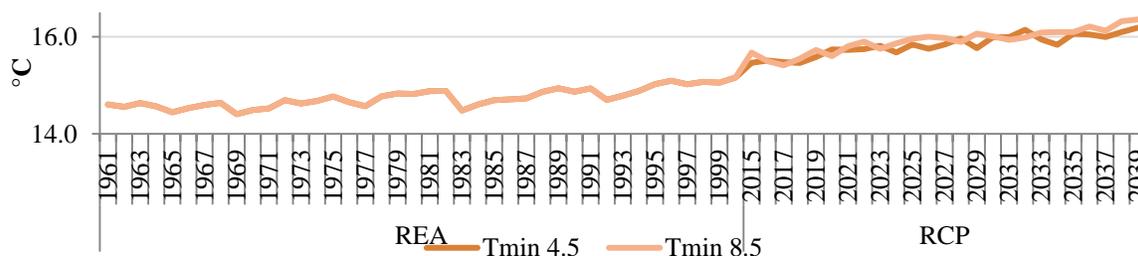
**Mapa 4. 20: Observaciones históricas 1960-2008 de Tmáx promedio anual en Michoacán, según registros Clicom (arriba izquierda) y REA (abajo izquierda) y proyecciones para el futuro cercano 2015-2039 bajo escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 (abajo)**



Fuente: elaboración propia a partir de Clicom, 2013 y modificaciones de Cavazos *et al*, 2013 sobre la base de Inegi, 2010

En cuanto a los escenarios RCP 4.5 de Tmin para Michoacán, en el periodo 2015-2039 se proyectan variaciones entre 0.5°C y 0.9°C respecto a los niveles de 1961-2000, en tanto que según el RCP 8.5, éstas podrían aumentar entre 0.8°C y 1.1°C; de esa forma en el estado se espera que la Tmin oscile entre 15.5°C y 16.2°C según los modelos globales (ver gráfica 4.31), pero si el aumento de temperatura esperado se agrega al valor histórico promedio observado (13.5°C según Clicom), la Tmin esperada es ente 14.3°C y 14.6°C.

**Gráfica 4. 31: Variación de la Tmin promedio anual en Michoacán según REA (1961-2000) y según RCP 4.5 y 8.5 (2015-2039)**



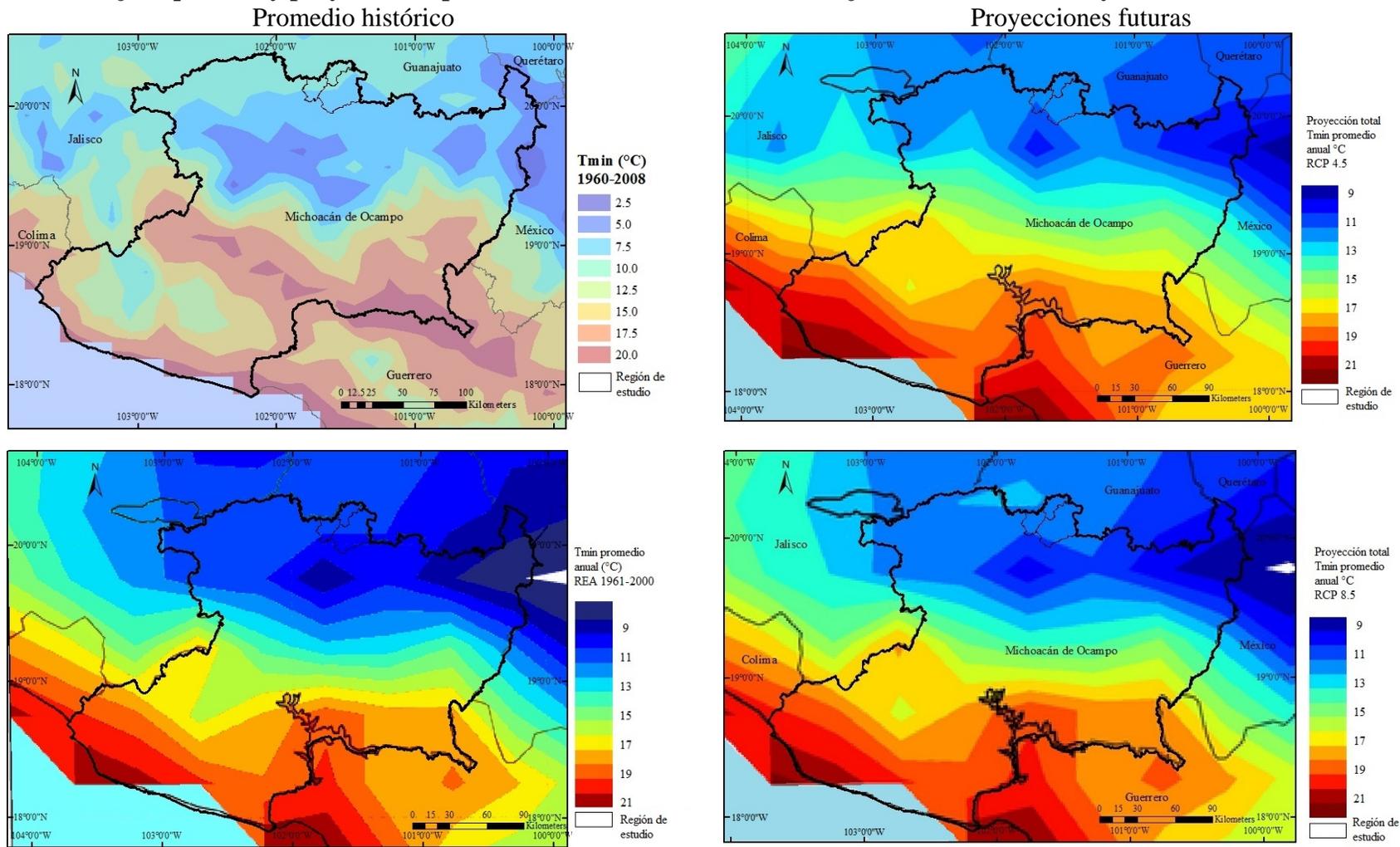
Fuente: elaboración propia a partir de información de Cavazos *et al*, 2013

Como se observa en el mapa 4.21, la información de REA no permite diferenciar la zona de Tierra Caliente por medio de las condiciones extremas que caracterizan a la zona (como si ocurre con el Clicom); la única diferenciación regional que si se marca con el REA es el contraste norte-sur del estado de acuerdo a las temperaturas mínimas, donde el norte mantiene Tmin entre 8°C y 13°C, mientras que el sur llega hasta los 21°C (ver mapa 4.21)

Con los escenarios de RCP 4.5 y 8.5 se proyecta un avance de las condiciones más cálidas desde el suroeste hacia el noreste del estado, de forma que en la región nororiente se esperan condiciones de Tmin por debajo de los 9°C; mientras que en la costa se alcanza una temperatura mínima por arriba de los 18°C.

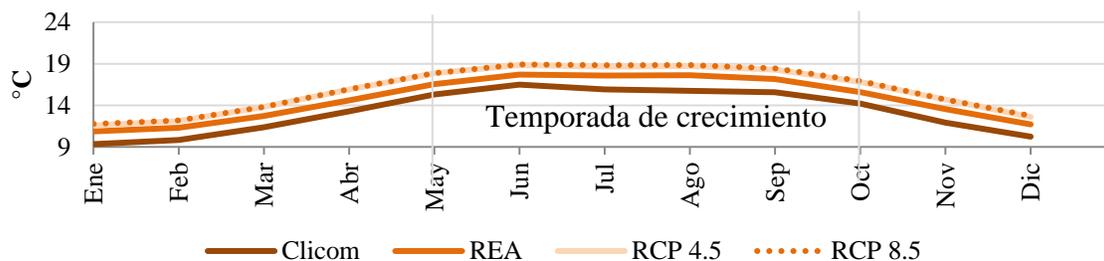
La variación mensual de la Tmin se presenta en la gráfica 4.32; los mayores incrementos se esperan en los meses de abril y mayo (alrededor de 1.3°C), en tanto que el resto del año se proyecta un aumento en la Tmin entre 0.7°C y 1.2°C.

**Mapa 4. 21: Observaciones históricas 1960-2008 de Tmin promedio anual en Michoacán, según Clicom (arriba izquierda) y REA (abajo izquierda) y proyecciones para el futuro cercano 2015-2039 bajo escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 (derecha)**



Fuente: elaboración propia a partir de Clicom, 2013 y modificaciones de Cavazos *et al*, 2013 sobre la base de Inegi, 2010

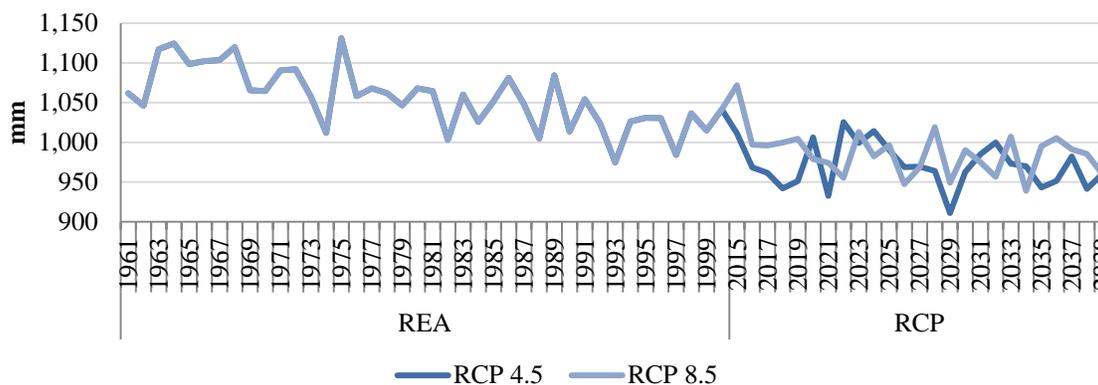
**Gráfica 4. 32: Variación de la Tmin promedio mensual en Michoacán, según REA (1961-2000) y RCP 4.5 y 8.5 (2015-2039)**



Fuente: elaboración propia a partir de información de Cavazos *et al*, 2013

En las proyecciones de precipitación, los escenarios RCP 4.5 y 8.5 apuntan a una disminución en los niveles de lluvia entre -0.15 y -0.30 mm diario promedio anual, es decir, para el periodo 2015-2039 se espera que la precipitación total anual sea entre 900 y 1,000 mm de acuerdo a los modelos globales, lo que apunta a un potencial medio para el cultivo de maíz (ver gráfica 4.33). Si el cambio proyectado por los modelos se agregan a la lluvia histórica observada en el estado (alrededor de 900 mm según Clicom), entonces la precipitación podría ser del orden de 790 a 850 mm/año. Esta diferencia ofrece una medida del grado de incertidumbre de los modelos futuros, la cual es importante para la determinación de las estrategias de adaptación.

**Gráfica 4. 33: Variación de la Precipitación total anual en Michoacán según REA (1961-2000) y según RCP 4.5 y 8.5 (2015-2039)**

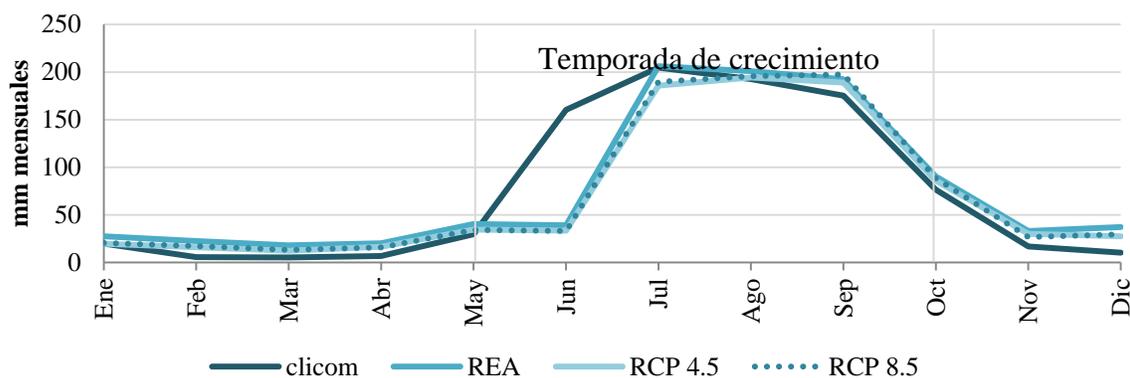


Fuente: elaboración propia a partir de información de Cavazos *et al*, 2013

Los registros de precipitación de Clicom y REA observan una buena concordancia. La región con niveles de precipitación más altos es el centro del estado (casi 1,100 mm al año), como se observa en el mapa 4.22. En el extremo norte del estado (incluida la región de estudio) se contemplan los niveles más bajos de lluvia, esto entre 800 y 900 mm anuales. Con ambos escenarios se contempla una disminución en la precipitación total anual, aunque con el RCP 4.5 se observa que la reducción es mayor en términos territoriales (ver mapa 4.22).

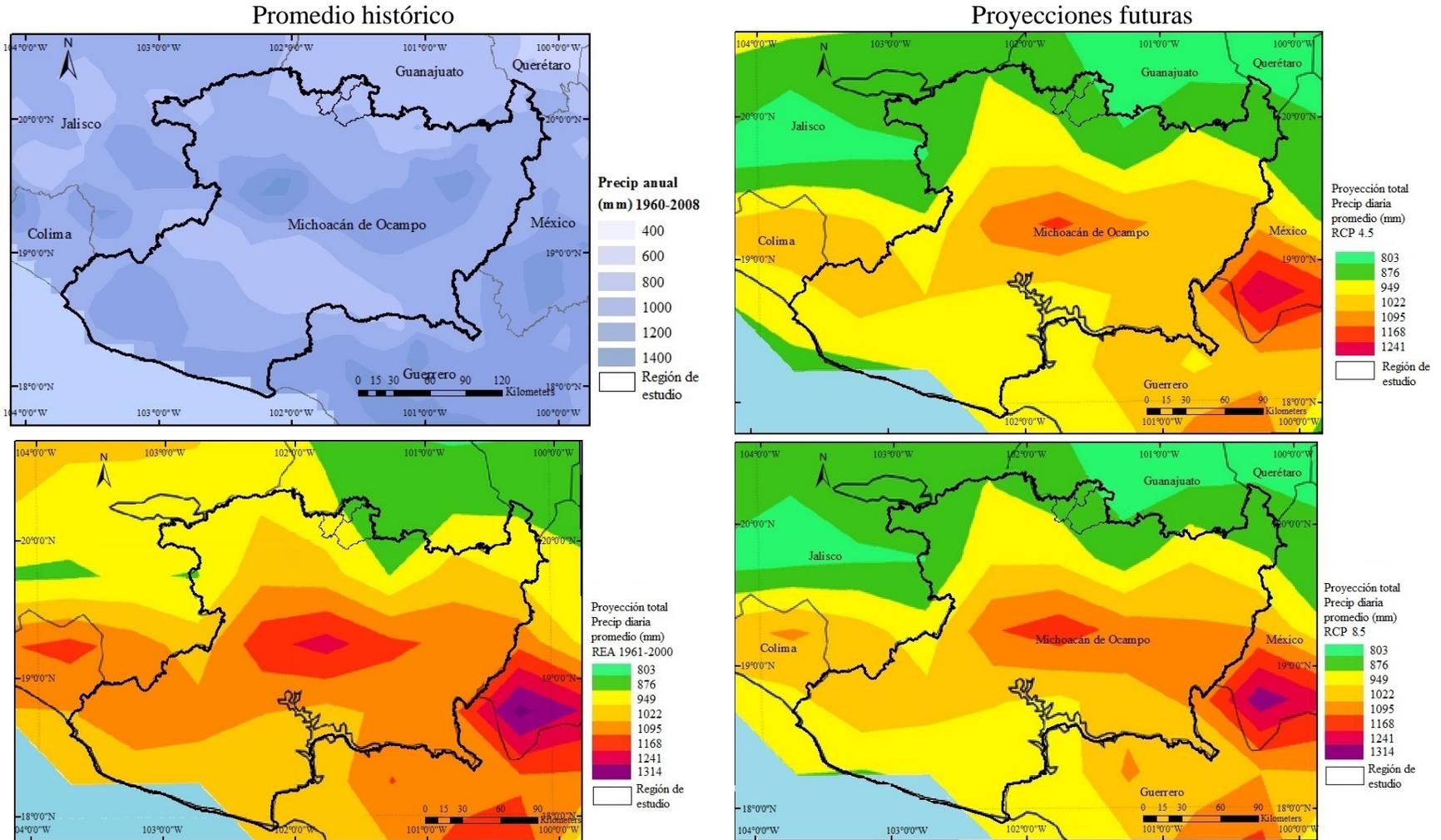
Respecto de la variación mensual, en el caso de la precipitación se proyecta un cambio en el régimen mensual de las lluvias, pues mientras en el periodo 1961-2000 el mayor nivel de precipitación diaria se presenta en julio, en el periodo 2015-2039 se espera que sea hasta septiembre cuando se alcancen los niveles máximos. En ese sentido la reducción más significativa en la precipitación es en el mes de julio; mientras que se espera que los niveles de septiembre sean los mismos que se han observado, e incluso en el caso del escenario RCP 8.5, se proyecta un incremento de 0.16 mm diarios en las lluvias de ese mes (ver gráfica 4.34).

**Gráfica 4. 34: Variación de la Precipitación diaria promedio mensual en Michoacán, según REA (1961-2000) y RCP 4.5 y 8.5 (2015-2039)**



Fuente: elaboración propia a partir de información de Cavazos *et al*, 2013

**Mapa 4. 22: Observaciones históricas 1960-2008 de Precipitación total anual en Michoacán, según Clicom (arriba izquierda) y REA (abajo izquierda) y proyecciones para el futuro cercano 2015-2039 bajo escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 (derecha)**



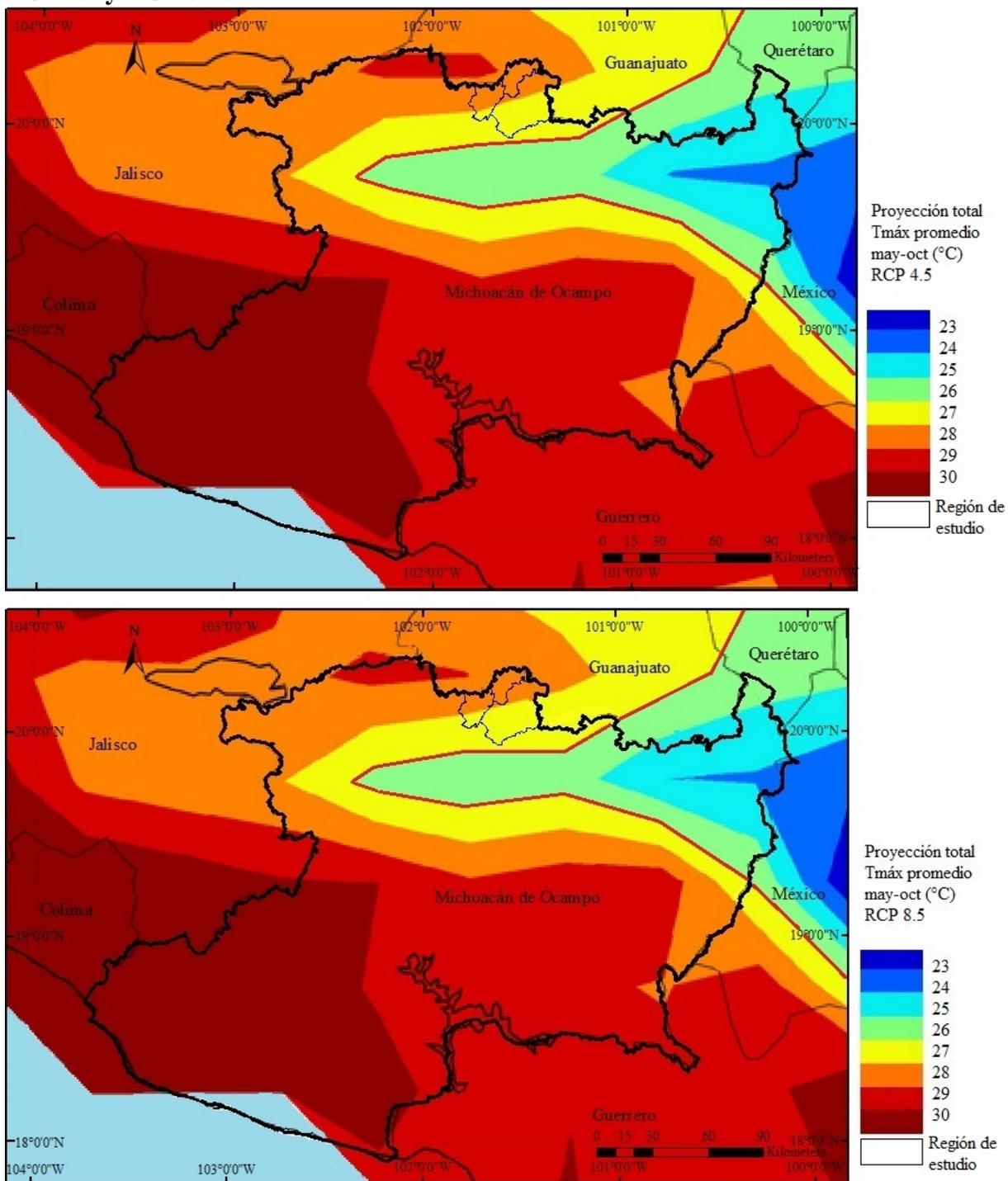
Fuente: elaboración propia a partir de Clicom, 2013 y modificaciones de Cavazos *et al*, 2013 sobre la base de Inegi, 2010

Los cambios en las variables climáticas también apuntan a la necesidad de replantear las fechas de siembra (incluso hasta inicios de julio), pues las condiciones que sugieren los modelos para mayo ( $T_{\text{máx}}$  de  $31.5^{\circ}\text{C}$  y Precip total de 34 mm mensuales) y junio ( $T_{\text{máx}}$   $27.9^{\circ}\text{C}$  y precip total de 33 mm mensuales) implican un bajo potencial para el maíz, lo que reduce la probabilidad de una cosecha exitosa y/o altos rendimientos, además de esos niveles quedan insertos dentro de los umbrales de la etapa 1 con los que se decreta sequía (ver sección 4.3.1). Por lo anterior es necesario evaluar a detalle los escenarios de las principales variables climáticas ( $T_{\text{máx}}$  promedio y Precip total, según los resultados de la sección 4.4.1) durante la temporada de crecimiento del maíz, como un preámbulo de las posibles implicaciones del CC en los rendimientos agrícolas de este grano.

#### 4.5.2. Proyecciones durante la temporada de crecimiento mayo-octubre

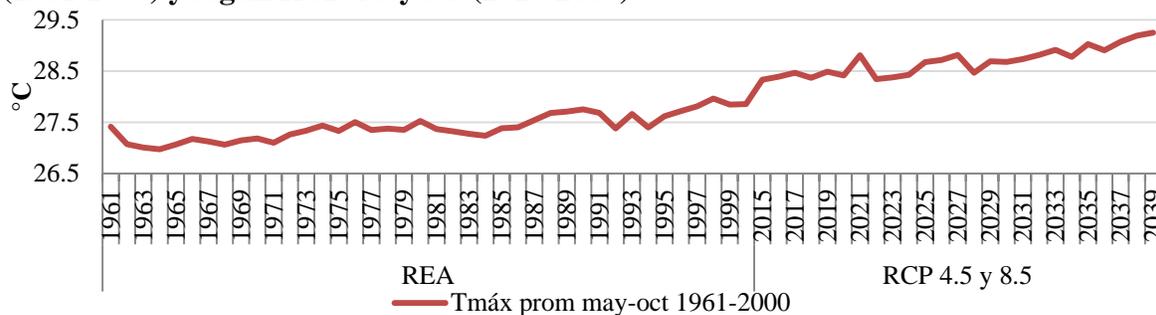
Durante la temporada de crecimiento, en el periodo 1961-2000, la  $T_{\text{máx}}$  para Michoacán oscila entre  $26.9^{\circ}\text{C}$  y  $28.0^{\circ}\text{C}$  según los modelos globales y entre  $23.2^{\circ}\text{C}$  y  $30.1^{\circ}\text{C}$  según Clicom. Con los escenarios de CC RCP 4.5 y 8.5 se proyectan incrementos entre  $1.1^{\circ}\text{C}$  y  $1.4^{\circ}\text{C}$ , por lo cual ese rango cambia de  $28.0^{\circ}\text{C}$  a  $29.3^{\circ}\text{C}$  en el periodo 2015-2039 considerando la información del REA (ver gráfica 4.35), y de  $24.3^{\circ}\text{C}$  a  $31.5^{\circ}\text{C}$  según datos del Clicom. Esta modificación, mantiene el potencial estatal del maíz en un nivel medio próximo a bajo según REA, aunque considerando los datos del Clicom, el potencial del maíz entra en la categoría de bajo (según se presenta en el capítulo III, el bajo potencial es a partir de  $30^{\circ}\text{C}$ ), lo que implica una reducción en el territorio michoacano con las condiciones adecuadas de  $T_{\text{máx}}$  para el maíz, de suerte tal que se esperaría que la zona nororiente del estado tuviera mejores rendimientos que el resto del estado (especialmente el sur-occidente) (ver mapa 4.23).

**Mapa 4. 23: Proyecciones de Tmáx promedio durante la temporada de crecimiento (mayo-octubre) en Michoacán para el futuro cercano 2015-2039 bajo escenarios de CC RCP 4.5 y RCP 8.5**



Fuente: modificado de Cavazos *et al*, 2013 sobre la base de Inegi, 2010

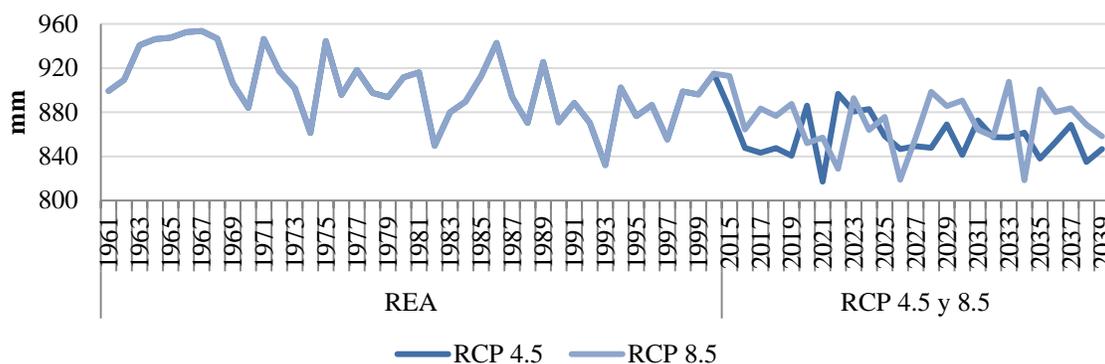
**Gráfica 4. 35: Variación de la Tmáx promedio mayo-octubre en Michoacán según REA (1961-2000) y según RCP 4.5 y 8.5 (2015-2039)**



Fuente: elaboración propia a partir de información de Cavazos *et al*, 2013

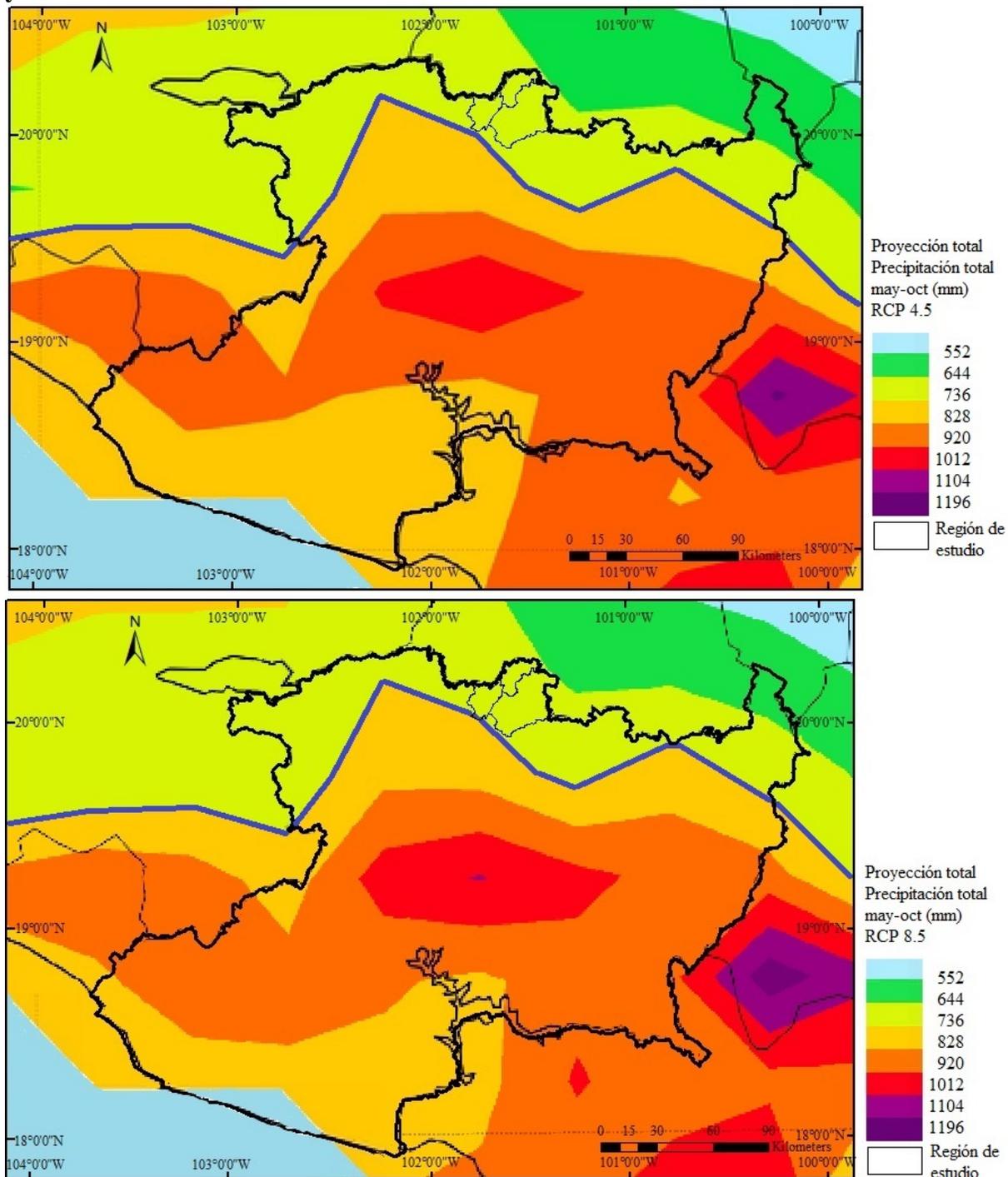
Los niveles de precipitación observados (Clicom) en el periodo 1961-2000 oscilaron entre 650 y 970 mm, mientras que los derivados de los modelos globales (REA) indican valores entre 830 y 960 mm en la temporada mayo-octubre. Según las proyecciones de precipitación, se espera una reducción entre 20 y 35 mm en la temporada de crecimiento, por lo que según REA las proyecciones de lluvia para el futuro cercano podrían oscilar entre los 810 y los 915 mm (ver gráfica 4.36), mientras que si se utilizan los datos observados del Clicom el rango proyectado sería de 630 a 930 mm. El rango más amplio utilizando los datos reales refleja una mayor variabilidad (incertidumbre), como se observa en el periodo observado. Con esas tendencias, se espera que en la zona norte del estado se continúen observando condiciones apropiadas para un alto potencial del cultivo de maíz (ver mapa 4.24).

**Gráfica 4. 36: Variación de la Precip total mayo-octubre en Michoacán según REA (1961-2000) y según RCP 4.5 y 8.5 (2015-2039)**



Fuente: elaboración propia a partir de información de Cavazos *et al*, 2013

**Mapa 4. 24: Proyecciones de Precip total durante la temporada de crecimiento (mayo-octubre) en Michoacán para el futuro cercano 2015-2039 bajo escenarios de CC RCP 4.5 y RCP 8.5**



Fuente: modificado de Cavazos *et al*, 2013 sobre la base de Inegi, 2010

Las proyecciones de T<sub>máx</sub> promedio mayo-octubre y Precip total en el mismo periodo, sugieren que la zona nororiente del estado podría seguir tendiendo condiciones de alto potencial del cultivo de maíz en el futuro cercano, lo cual será constatado según los modelos de rendimiento.

#### 4.5.3. Impactos proyectados del CC en los rendimientos de maíz en Michoacán

Para estimar los rendimientos del maíz en el futuro cercano 2015-2039 se retoman los mejores modelos presentados en el apartado 4.4.1 para aplicar con la información de la sección 4.5.2. Antes de proceder a dichos cálculos es menester considerar que los modelos de rendimientos muestran una relación inversa con la variable ONI DEF, lo cual influye entre 20 y 22 por ciento en los rendimientos del maíz en el período histórico, pero que no es posible retomar en este apartado, ya que si bien existen algunas proyecciones que indican que los eventos del Niño serán más frecuentes<sup>53</sup>, el tiempo dedicado a esta tesis no es suficiente para analizar las proyecciones futuras de este fenómeno. Por este motivo se estiman nuevos modelos que no consideran esta variable, los cuales se presentan en la tabla 4.3.

##### 4.5.3.1. Validación de la información de las proyecciones y de los modelos de rendimientos para CC en Michoacán

Para proceder a utilizar la información de REA, RCP 4.5 y 8.5, es necesario comparar esos datos con los obtenidos mediante el Clicom para contrastarlos y observar si se corresponden entre sí. Así mismo es necesario aplicar los modelos de la tabla 4.3 para observar si los rendimientos estimados con esas funciones son próximos a los rendimientos observados por el SIAP. Con esta finalidad se presenta la gráfica 4.37 donde se comparan los registro de T<sub>máx</sub>

---

<sup>53</sup> Según el IPCC (2013), las proyecciones de El Niño sugieren un ligero aumento en la amplitud de este fenómeno para los siguientes 100 años, aunque se un nivel de confianza bajo. De no modificarse el régimen observado de este evento, se espera que por el calentamiento global, las lluvias y sequías asociadas a El Niño sean más intensas.

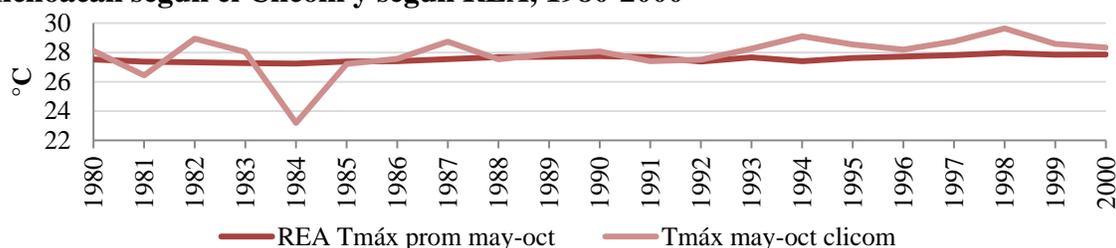
promedio mayo-octubre según el Clicom y los valores presentados por el REA para el periodo 1980-2000; se puede apreciar que los datos de REA se ajustan apropiadamente a los registros climáticos, por lo que se valida esta información para la estimación de los rendimientos en el futuro cercano.

**Tabla 4. 3: Mejores resultados del modelo de rendimiento según disponibilidad de riego usando un análisis multivariado con significancia al 95 por ciento sin la variable ONI DEF**

	No.	Modelos significativos al 95 por ciento	R	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> ajustada
<b>Sup. Cosechada total</b>	8	Rendimiento = F (Tmáx prom may-oct, Precip total may-oct) Rendimiento = 2.32 +(0.27* Tmáx prom may-oct) + (0.24*Precip total may-oct)	0.54	0.29	0.23
<b>Sup. cosechada riego</b>	9	Rendimiento = F (Tmáx prom may-oct, Precip total may-oct) Rendimientos = 3.91 + (0.58*Tmáx prom may-oct) + (0.40*Precip total may-oct)	0.56	0.31	0.26
<b>Sup. Sembrada temporal</b>	10	Rendimiento = F (Tmáx prom may-oct, Precip total may-oct) Rendimientos = 1.9 + (0.18* Tmáx prom may-oct) + (0.24* Precip total may-oct)	0.56	0.31	0.26

\*Se estandarizaron las variables Tmáx y Precip aplicando a cada dato la fórmula  $(t_i - t_{med}) / \text{desv. estándar}$   
Fuente: elaboración propia a partir de los resultados de los modelos

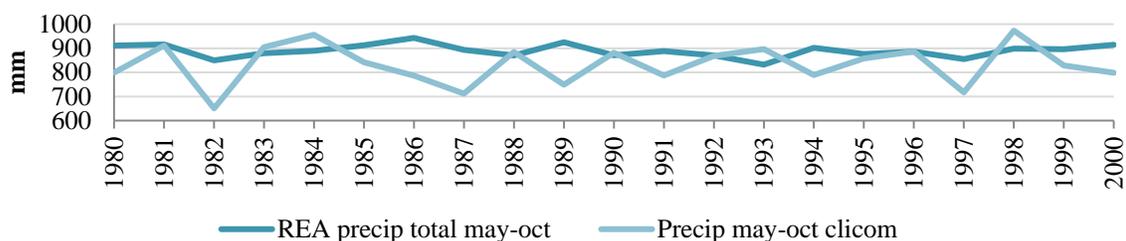
**Gráfica 4. 37: Contraste entre el registro de Tmáx promedio mayo-octubre para Michoacán según el Clicom y según REA, 1980-2000**



Fuente: elaboración propia a partir de información de Clicom, 2013 y Cavazos *et al*, 2013

La validación de los datos del REA para precipitación total mayo-octubre se muestra en la gráfica 4.38, donde se aprecia que si bien el REA tiene una pequeña sobreestimación y no captura el tamaño de la variabilidad interanual, como es común en modelos globales<sup>54</sup>, es próximos a los registros promedio del Clicom, por lo que se considera adecuado para la aplicación de los modelos agroclimáticos.

**Gráfica 4. 38: Contraste entre el registro de Precip total mayo-octubre para Michoacán según el Clicom y según REA, 1980-2000**

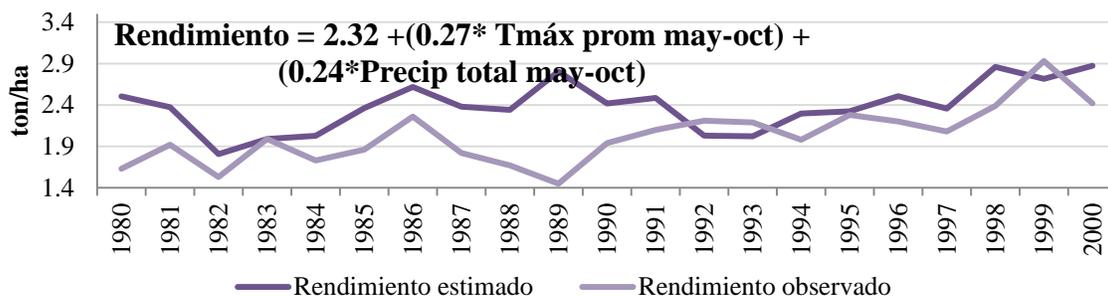


Fuente: elaboración propia a partir de información de Clicom, 2013 y Cavazos *et al*, 2013

Una vez que se ha determinado que los datos son apropiados, se procede a su aplicación en los modelos de la tabla 4.3 (donde se deja fuera del análisis los datos de ONI de DEF) para evaluar el ajuste de los rendimientos estimados por ese medio respecto de los rendimientos observados según SIAP, 2013. En la gráfica 4.39 se realiza la comparación de los rendimientos totales (riego y temporal), donde se aprecia que en general los estimados guardan un ajuste apropiado a los observados especialmente a partir de 1992. El mismo patrón de ajuste se observa en el caso de los rendimientos de riego y de temporal (gráficas 4.40 y 4.41, respectivamente), por lo que se concluye que los modelos sin ONI DEF resultan apropiados para proceder a las proyecciones de los rendimientos en el futuro cercano.

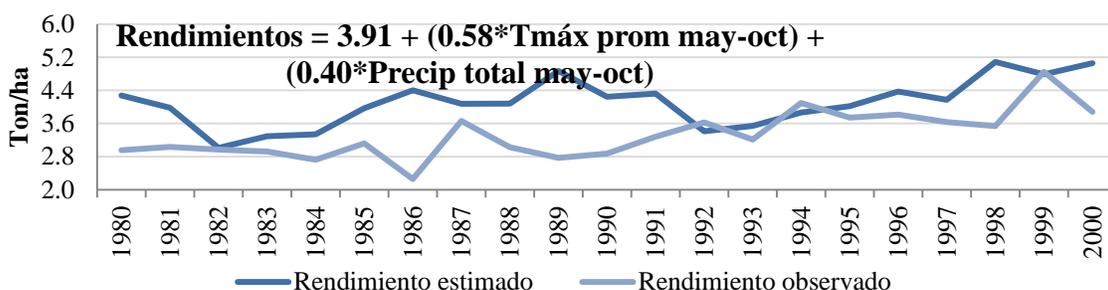
<sup>54</sup> No se espera que los modelos globales reproduzcan los datos de cada año, pero es ideal que reproduzcan aproximadamente el valor promedio y parte de la variabilidad de un periodo histórico

**Gráfica 4. 39: Ajuste del modelo de rendimientos totales sin ONI con los datos de REA, rendimientos estimados vs observados, 1980-2000**



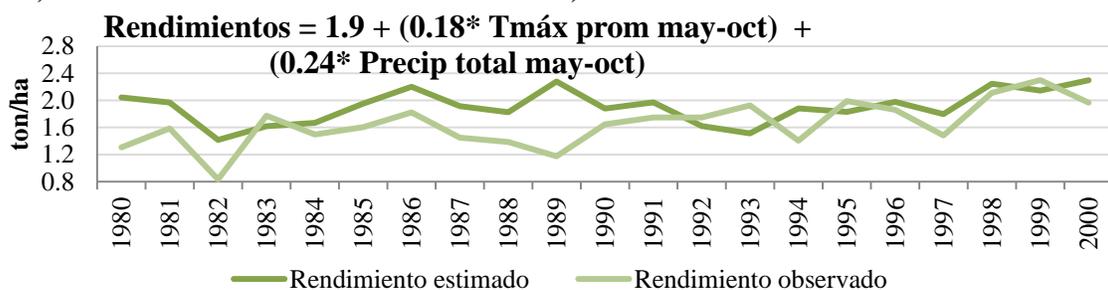
Fuente: elaboración propia a partir del modelo de rendimientos totales sin ONI e información de SIAP, 2013 y Cavazos *et al*, 2013

**Gráfica 4. 40: Ajuste del modelo de rendimientos de riego sin ONI con los datos de REA, rendimientos estimados vs observados, 1980-2000**



Fuente: elaboración propia a partir del modelo de rendimientos totales sin ONI e información de SIAP, 2013 y Cavazos *et al*, 2013

**Gráfica 4. 41: Ajuste del modelo de rendimientos de temporal sin ONI con los datos de REA, rendimientos estimados vs observados, 1980-2000**

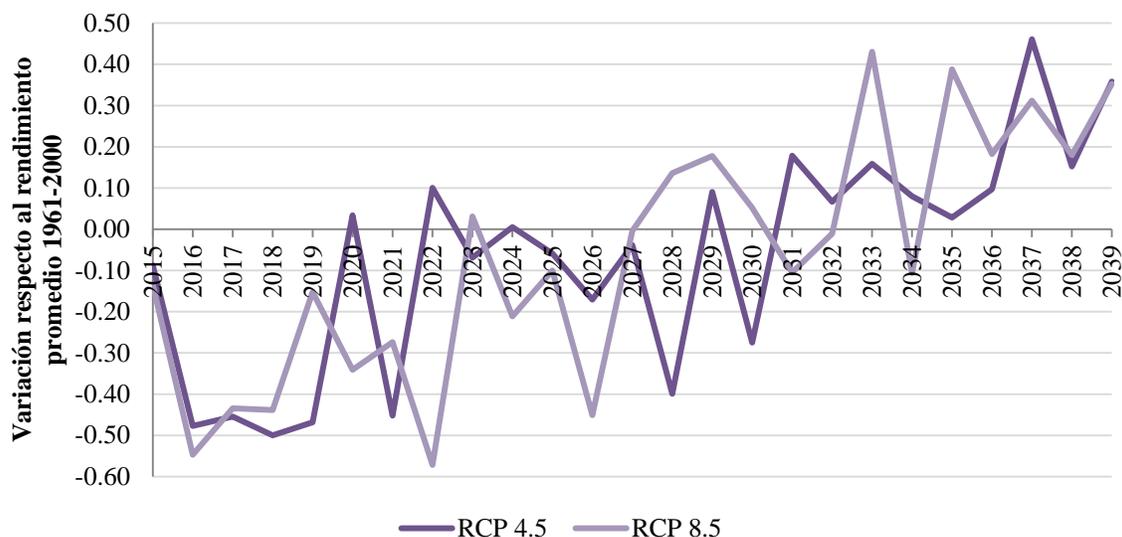


Fuente: elaboración propia a partir del modelo de rendimientos totales sin ONI e información de SIAP, 2013 y Cavazos *et al*, 2013

#### 4.5.3.1. Rendimientos proyectados para la agricultura de maíz en Michoacán en el futuro cercano 2015-2039

Con base en los modelos de la tabla 4.3, se aplicaron los datos de REA para el periodo 1961-2000 para estimar la variación de los rendimientos en el futuro cercano; con la aplicación de los datos de RCP 4.5 y 8.5, se espera una dramática caída en los rendimientos a partir del año 2015, a partir de la cual se proyecta una lenta recuperación hacia 2039 (0.027 ton/ha al año según RCP 4.5 y 0.031 ton/ha según RCP 8.5, significantes al 95 por ciento); según el escenario RCP 4.5, en 2030 se podrían llegar al nivel promedio de los rendimientos en el periodo 1961-2000; en tanto que con el escenario RCP 8.5, esa recuperación se proyecta hasta 2034 (ver gráfica 4.42).

**Gráfica 4. 42: Proyección de los cambios de los rendimientos anuales del cultivo de maíz en Michoacán (riego y temporal), según escenarios de CC RCP 4.5 y 8.5 (2015-2039)\***



\*El valor de cero indica que el rendimiento del año en cuestión es igual al rendimiento promedio estimado según REA para el periodo 1961-2000. Es importante aclarar que estas proyecciones no son pronósticos anuales del posible cambio, sólo indican una posible tendencia en el cambio en todo el periodo analizado.

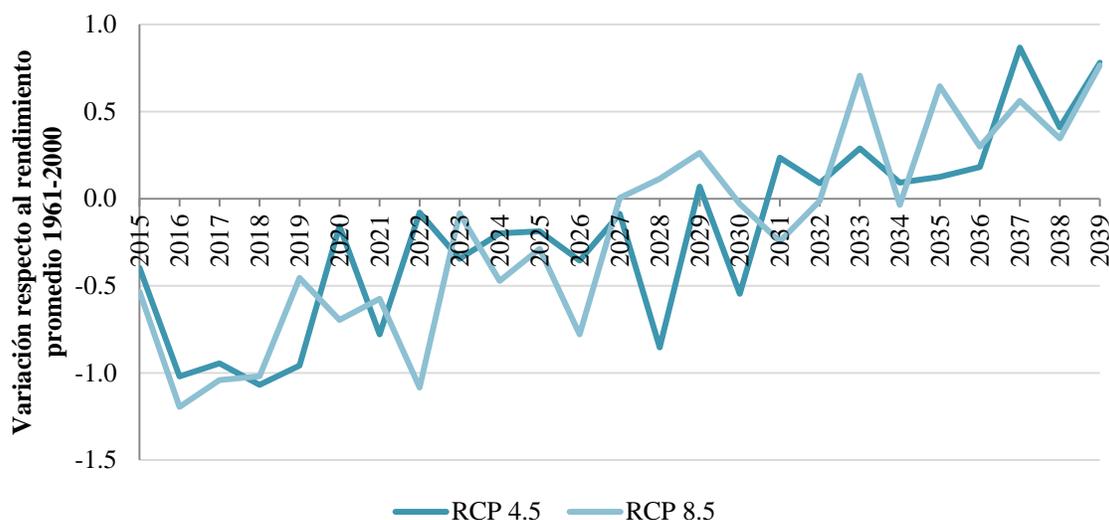
Fuente: elaboración propia a partir del modelo seleccionado y de información de Cavazos *et al*, 2013

Respecto a las proyecciones de los cambios en los rendimientos de riego, la tendencia es similar a la proyectada para los rendimientos totales, pues según los escenarios RCP 4.5, en 2030 se podría alcanzar el nivel de productividad promedio estimada en el periodo 1961-2000,

mientras que según las proyecciones RCP 8.5, las contracciones podrían continuar hasta 2034 (ver gráfica 4.43).

En el caso del rendimiento en zonas de riego (gráfica 4.43), los cambios proyectados son próximos a la unidad y son mayores que los cambios para la producción total (gráfica 4.42), lo que implica que la recuperación de la productividad es mayor para los regadíos (cambios de alrededor de 0.060 ton/ha al año según RCP 4.5 y 0.069 ton/ha anuales según RCP 8.5, ambos con significancia al 95 por ciento, según estimaciones propias a partir de los resultados de las proyecciones).

**Gráfica 4. 43: Proyección de los cambios de los rendimientos anuales de riego del cultivo de maíz en Michoacán, según escenarios de CC RCP 4.5 y 8.5 (2015-2039)\***

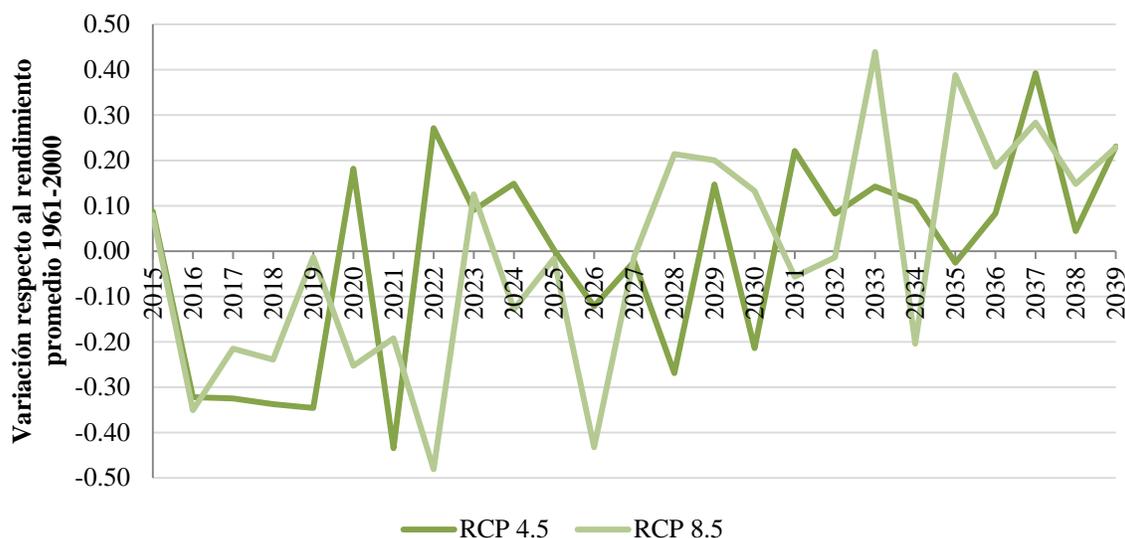


\*El valor de cero indica que el rendimiento del año en cuestión es igual al rendimiento promedio estimado según REA para el periodo 1961-2000. Es importante aclarar que estas proyecciones no son pronósticos anuales del posible cambio, sólo indican una posible tendencia en el cambio en todo el periodo analizado.

Fuente: elaboración propia a partir del modelo seleccionado y de información de Cavazos *et al*, 2013

En cuanto a los rendimientos de los cultivos de temporal, según los escenarios RCP 4.5 y 8.5, al igual que en el caso de la producción total y de riego, se tiene la expectativa de que los rendimientos de temporal sufran un descenso en 2015, logrando alcanzar el nivel promedio del periodo 1961-2000 en el año 2034 según RCP 8.5 y hasta 2035 según RCP 4.5 (ver gráfica 4.44). Las tendencias de crecimiento de los cambios del rendimiento estimadas para riego son 0.016 ton/ha al año según RCP 4.5 y 0.020 ton/ha según RCP 8.5 (con significancia al 95 por ciento, según estimaciones propias con base en los resultados de las proyecciones).

**Gráfica 4. 44: Proyección de los cambios en los rendimientos anuales de temporal del cultivo de maíz en Michoacán, según escenarios de CC RCP 4.5 y 8.5 (2015-2039)\***



\*El valor de cero indica que el rendimiento del año en cuestión es igual al rendimiento promedio estimado según REA para el periodo 1961-2000. Es importante aclarar que estas proyecciones no son pronósticos anuales del posible cambio, sólo indican una posible tendencia en el cambio en todo el periodo analizado.  
Fuente: elaboración propia a partir del modelo seleccionado y de información de Cavazos *et al*, 2013

La caída en los rendimientos a partir de 2015 se explica por la caída en los niveles de precipitación; las recuperaciones en 2030 (según RCP 4.5) y 2034 (según RCP 8.5) se atribuyen a que los incrementos en la temperatura compensan la baja precipitación, pues según los modelos de la sección 4.4., los coeficientes de variación de la T<sub>máx</sub> para los rendimientos de riego (temporal) son 0.71 (0.22), mientras los de precipitación son de 0.56 (0.33).

Si bien los escenarios de CC muestran optimismo en las proyecciones de los rendimientos para el periodo 2015-2039 al suponer tendencias crecientes de forma que al final de dicho periodo se recuperan los niveles alcanzados en el año 2000, vale la pena insistir en que los modelos aplicados dejan de lado la relación inversa respecto del ONI, por lo cual se supone que los rendimientos tenderían a ser inferiores a las proyecciones en años con episodios cálidos de El Niño.

#### 4.6. Conclusiones del capítulo

En la introducción de esta tesis se plantea como hipótesis que la variabilidad climática y los eventos extremos afectan los rendimientos del maíz en Michoacán y que en el futuro cercano se espera una reducción en los rendimientos de este grano con base en las proyecciones de CC en el estado; con base en los resultados presentados en este capítulo, se acepta esa hipótesis, lo cual se justifica con dos argumentos principales:

En primer lugar, se observa que las variables climáticas más relevantes para los rendimientos de maíz en Michoacán son la T<sub>máx</sub> promedio may-oct, la Precip total may-oct y ONI DEF, los cuales explican el 39 por ciento de la variación en los rendimientos de riego y el 34 por ciento en el caso del temporal.

En el periodo 1980-2008 los rendimientos de riego y de temporal observan una tendencia creciente con significancia al 95 por ciento, a pesar de que los niveles de T<sub>máx</sub> y Precip durante la temporada de crecimiento no son los más adecuados según los requerimientos agroecológicos del maíz reconocidos por INIFAP (2008), lo cual se atribuye a factores no climáticos (relativos a la política agrícola), los que explican alrededor del 65 por ciento de la variación en los rendimientos.

Se observa que las características topográficas del estado condicionan la climatología regional (temperatura y precipitación), de forma que solo la región norte muestra las condiciones apropiadas para un alto potencial del cultivo de maíz; a pesar de ello se observa que algunos municipios fuera de esta región también logran obtener altos rendimientos; además, las características físico-geográficas no son determinantes para que los rendimientos de riego sean más altos que los de temporal.

En cuanto a los eventos extremos, si bien éstos no afectan directamente a los rendimientos del maíz (según la superficie cosechada), tienen repercusión en la superficie sembrada que resulta

siniestrada<sup>55</sup> y en los volúmenes de producción, ya que se estima que las pérdidas equivalen al 27 por ciento de la producción total.

En segundo lugar, según las proyecciones de la variación de los rendimientos para el futuro cercano, existe la posibilidad de una caída en éstos en el periodo 2015-2030, sin embargo, según un escenario de bajas emisiones, a partir de 2030 se podría presentar una recuperación hasta alcanzar niveles próximos a los observados en el año 2000; en el caso de un escenario de altas emisiones, dicha recuperación se proyecta hasta 2034. Es importante insistir que las proyecciones no consideran la variable ONI, por lo cual en años futuros caracterizados por eventos de El Niño los rendimientos podrían caer.

Si bien las proyecciones de CC no consideran la topografía del estado, por la baja resolución espacial de los modelos globales, los escenarios sugieren que en Michoacán se podrían tener condiciones climáticas más cálidas y más secas, esto a partir del incremento en la T<sub>máx</sub> y T<sub>mín</sub> y de la contracción en los niveles de precipitación anual. Por lo tanto, las zonas donde se observan las condiciones de temperatura y precipitación aptas para el alto potencial del maíz se limitarían al nororiente del estado.

Las proyecciones de las variaciones en los rendimientos reflejan los impactos potenciales del CC sobre la agricultura de maíz en Michoacán, sin embargo la magnitud de las afectaciones al sector depende de la capacidad adaptativa para responder a las condiciones proyectadas, lo cual se aborda en el siguiente capítulo.

---

<sup>55</sup> Especialmente en temporal, ya que como se demostró en la sección 4.4. los rendimientos según superficie sembrada están más correlacionadas con las variables climáticas

## **CAPÍTULO V**

# **RESULTADOS DE LA CAPACIDAD ADAPTATIVA DE LA AGRICULTURA DE MAÍZ EN MICHOACÁN**

### Introducción

En el presente capítulo se presentan los resultados de la etapa 2 y parte de la etapa 3 de la metodología con la finalidad de comprobar la hipótesis secundaria, la cual propone que el sector agrícola del maíz en Michoacán no cuenta con la capacidad adaptativa ante los impactos potenciales presentados en el capítulo IV a causa de las características socio-políticas que envuelven al sector. Para este propósito, el presente capítulo se desarrolla de la siguiente forma: en el primer apartado se describen las medidas adaptativas que los agricultores y actores públicos del sector agrícola adoptan ante la variabilidad climática.

En el segundo apartado se presentan las características del sector respecto a los tipos de capitales propuestos por Nelson *et al* (2010) para evaluar la capacidad adaptativa del sector. Respecto al capital humano se consideran el nivel educativo de los agricultores y la capacitación en temas agrícolas, tanto de los productores, como de los actores gubernamentales. En cuanto al capital social, se incluyen las organizaciones de agricultores (con especial énfasis a los ejidos) considerando los beneficios que éstas reciben por ser parte de un grupo y la interacción entre productores y actores públicos. Para el capital natural se consideran la calidad de los recursos tierra (ausencia de problemas de erosión y superficie ensalitrada) y agua (disponibilidad y concesiones) relacionados con la agricultura. Con el capital físico se evalúa la disponibilidad de maquinaria y equipo para facilitar la labor agrícola. Respecto al capital financiero se consideran los ahorros de los agricultores, el acceso al crédito, los recursos Procampo y los seguros agrícolas, tanto en su forma tradicional como el seguro catastrófico.

A partir de las tendencias observadas en esos capitales, en el tercer apartado se determinan las necesidades de adaptación considerando las proyecciones de la variación en los rendimientos según los escenarios de CC. En el cuarto apartado se aborda la política nacional de cambio

climático la cual propone la coordinación intersecretarial para afrontar los retos del CC. En el quinto apartado se presentan las conclusiones derivadas de este capítulo. Finalmente se presenta una breve reflexión respecto de la situación de inseguridad que azota al estado y cómo ésta afecta a la capacidad adaptativa del sector.

### 5.1. Medidas adaptativas ante la variabilidad climática y los eventos extremos

La capacidad adaptativa nos indica cómo el sector responde o reacciona ante una perturbación para minimizar sus impactos. En las entrevistas realizadas a los agricultores michoacanos se cuestionó acerca de las condiciones climáticas que más afectan a los cultivos de maíz según su experiencia; la respuesta más común (como se presenta en la sección 4.4.3) es la precipitación extrema, especialmente el retraso en el inicio de la temporada de lluvias (ver figura 4.1). En ese caso, la respuesta adaptativa es retrasar la fecha de siembra, la cual se llega a realizar hasta un mes más tarde<sup>56</sup>; sin embargo ese aplazamiento no se traslada a los tiempos de la cosecha, pues según declara uno de los entrevistados: *“La cosecha no se puede recorrer [...] es cuando tiene uno que cosechar en ese tiempo, en diciembre”*, lo cual denota cierta apego a cosechar a fin de año, ya sea por el funcionamiento tradicional del mercado local de maíz, para evitar las heladas de enero o porque el grano se usa como alimento para ganado, por lo que cosechar después implicaría gastos adicionales en comida para sus animales. Como resultado, se cosechan granos que no alcanzan a secar o que están muy tiernos. Otro de los perjuicios señalados fueron las plagas (ver sección 4.4.3), en cuyo caso, la respuesta adaptativa es fumigar los plantíos, lo cual resulta muy costoso, pues se señala que ha incrementado la resistencia de las plagas a los químicos, lo que hace necesario sanear varias veces.

Otro impacto identificado se asocia con el incremento de la temperatura (gráfica 4.10), lo cual según los agricultores ocasiona que las plantas *“se quemem con el sol”*; este impacto en particular resulta relevante ya que las proyecciones de CC indican que la temperatura podría seguir incrementándose de forma constante en el futuro cercano. Al respecto los agricultores

---

<sup>56</sup> Sembrar con demasiado retraso puede impedir el acceso a los seguros, ya que éstos se manejan según la programación de los tiempos de producción, esto es sembrar a mediados de mayo, de forma que el llenado de grano sea en septiembre y en octubre se inicie el secado.

no han realizado acciones adaptativas, uno de ellos declara: “*no pues uno no puede hacer nada, porque la temperatura solo Dios la manda*”.

Otras prácticas adaptativas son las impulsadas por iniciativa gubernamental a través de programas públicos. Al entrevistar a los funcionarios y a algunos agricultores, ellos identificaron los principales impactos de la variabilidad climática a partir de los siniestros agroclimáticos, en cuyo caso, las medidas adaptativas son la contratación de seguros Agroasemex, como una forma de previsión ante posibles pérdidas, de forma que los beneficiarios puedan recuperar algo de su inversión para re-sembrar. Otra de las medidas adaptativas impulsadas desde gobierno, es el incremento de la superficie de riego, como una forma de reducir las afectaciones por sequía, especialmente dada la experiencia del 2009 (ver apartado 4.4.2).

Las prácticas anteriores corresponden a las medidas adaptativas implementadas por el sector agrícola del maíz en Michoacán, las cuales se entienden como resultado de los recursos o capitales con que cuenta el sector para afrontar los impactos de la variabilidad y el CC, es decir, son producto de la capacidad adaptativa.

## 5.2. Capacidad adaptativa de los agricultores ante la variabilidad climática

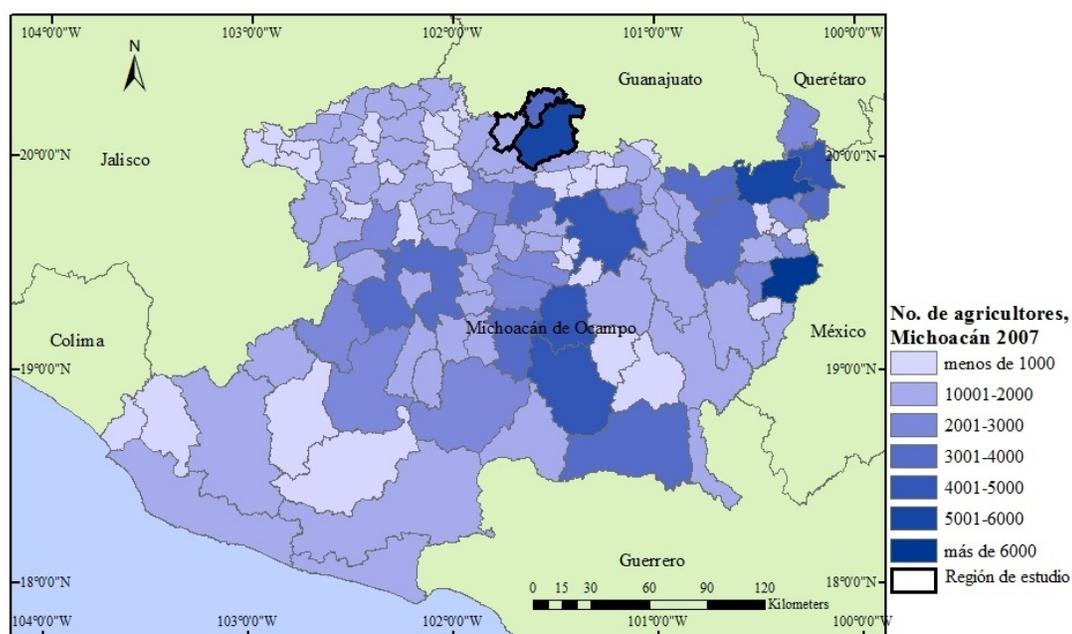
Atendiendo el análisis de Nelson *et al* (2010), la capacidad adaptativa se aborda considerando los cinco tipos de capital que se explicaron en el capítulo I y según las relaciones establecidas en la tabla 2.3, estos capitales explican algunas de las acciones adaptativas que se adoptan localmente ante la variabilidad y el CC.

### 5.2.1. Capital humano

El capital humano del sector agrícola del maíz en Michoacán se evalúa considerando el grado de escolaridad y la capacitación en temas agrícolas como condiciones que contribuyen a la

productividad del trabajo, por lo que guardan una relación directa con la capacidad adaptativa. Para abordar ambas cuestiones, el primer aspecto a considerar es el número de agricultores en cada municipio del estado. Como se observa en el mapa 5.1, los municipios con mayor presencia de agricultores se localizan en el norte y en la región de Tierra Caliente. En la región de estudio existen 11,080 agricultores al 2007. Se estima que el 65 por ciento de los productores tiene entre 46 y 75 años de edad<sup>57</sup> (Inegi, 2013).

**Mapa 5. 1: Agricultores en Michoacán según municipio, 2007**



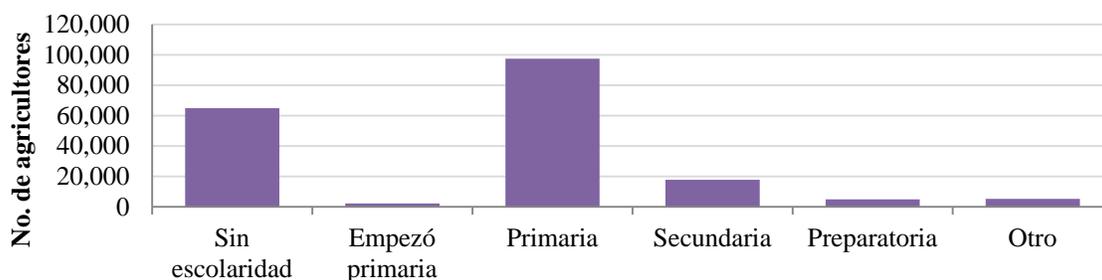
Fuente: elaboración propia a partir de Inegi, 2013, sobre la base de Inegi, 2010

Uno de los factores más relevantes en cuanto al capital humano es el grado de escolaridad. Como resultado del censo agrícola de 2007, se encuentra que 66.27 por ciento de los agricultores del estado acredita algún nivel de escolaridad, principalmente primaria, en tanto que solo 5.24 por ciento logra por arriba del básico (ver gráfica 5.1). Este hecho es una limitante a las capacidades de los agricultores para implementar medidas adaptativas. Además en las entrevistas se encontró que por lo general los agricultores inician con esta labor desde la infancia, por lo cual algunos optan por abandonar sus estudios para dedicarse de lleno a la

<sup>57</sup> Esa información es a nivel nacional, sin embargo se considera que la situación en Michoacán no es muy diferente, ya que los entrevistados en el trabajo de campo se encuentran en ese rango de edad

agricultura, lo cual fortalece la inercia de ciertas prácticas, como puede ser el caso de la fecha de cosecha o el no buscar alternativas ante temperaturas más altas.

**Gráfica 5.1 Escolaridad según el nivel de estudios aprobado por el productor**



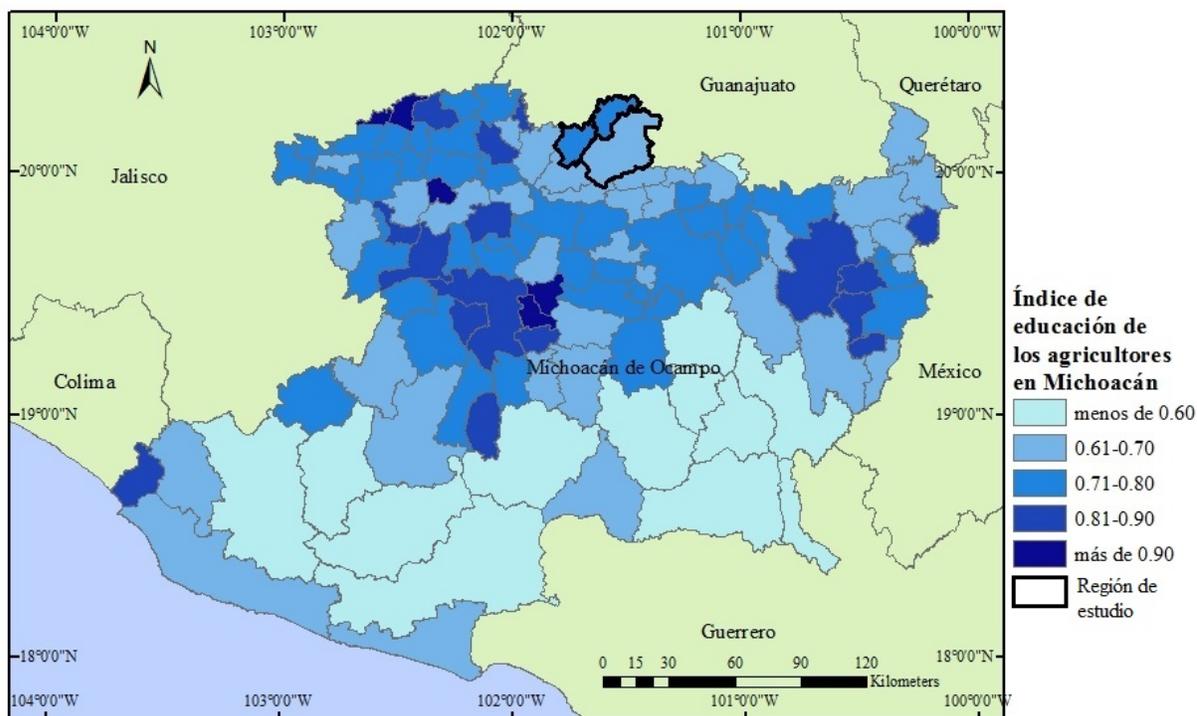
Fuente: elaboración propia a partir de Inegi, 2013

La situación de cada municipio respecto al nivel de escolaridad de los agricultores varía ampliamente; las mejores condiciones educativas de los agricultores se localizan en el norte del estado, especialmente en la región occidente. En el caso de los tres municipios de la región de estudio, 66 por ciento de los agricultores tiene algún grado de escolaridad; de dicho porcentaje más del 60 por ciento estudió hasta la primaria y sólo el 2 por ciento nivel medio superior (ver mapa 5.2)<sup>58</sup>. Esa diferenciación geográfica ilustra sobre diferencias en la capacidad adaptativa y ocasiona una divergencia entre agricultores dependiendo de la región de que se trate.

En cuanto a la capacitación, no todos los agricultores ni todos los municipios fueron beneficiados en la misma medida, pues existe una concentración en el centro occidente del estado y en los límites de la región Norte y Tierra Caliente (regiones donde predomina la producción de perennes y frutales y con un buen nivel educativo), donde más del 20 por ciento de los agricultores recibieron capacitación relacionada con esta actividad. En la mayoría del estado, incluidos los municipios de la región de estudio, la capacitación es mínima (menos del cinco por ciento de beneficiados) (estimaciones propias a partir de Inegi, 2013).

<sup>58</sup> El objetivo del índice de educación es comparar las condiciones de escolaridad entre municipios. El color azul más oscuro significa que en ese municipio una proporción importante de los agricultores tiene escolaridad y cursó un grado de nivel medio superior o superior. Por ejemplo, Briseñas, que tiene un índice de 1.0, el 84.16 por ciento de los agricultores tiene algún nivel de escolaridad; de los que corresponden 54.63 por ciento a primaria, 15.57 por ciento secundaria, 6.44 por ciento preparatoria y 6.85 por ciento otro.

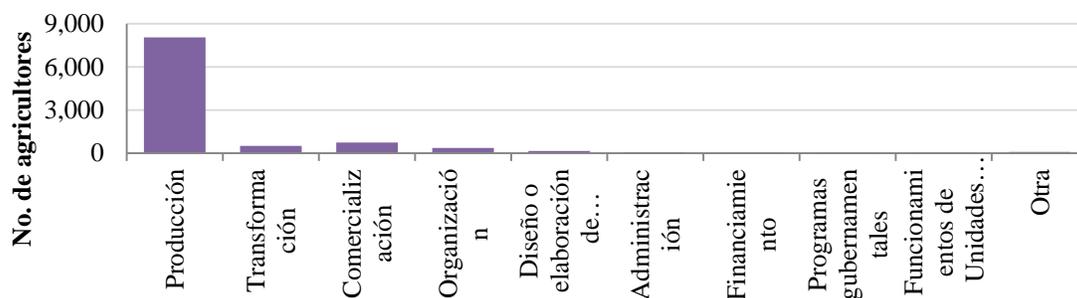
**Mapa 5. 2: Índice de educación de los agricultores según el grado de escolaridad acreditado**



Fuente: elaboración propia a partir de Inegi, 2013, sobre la base de Inegi, 2010

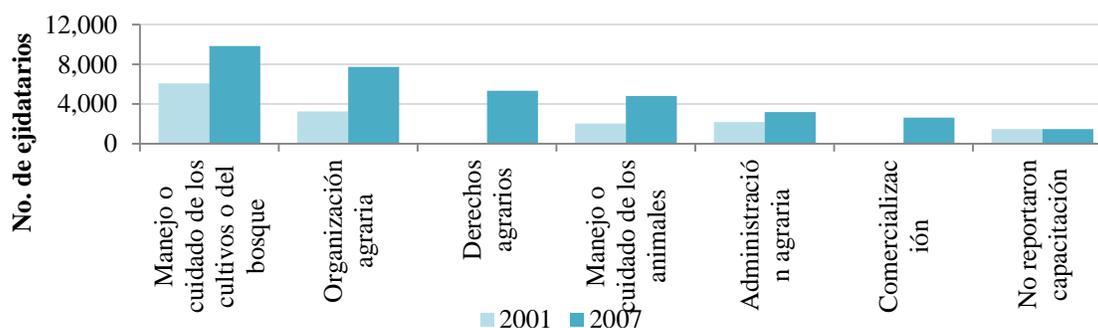
En 2007 el 89.73 por ciento de la capacitación agropecuaria en el estado es para temas agrícolas (cálculos propios a partir de Inegi, 2013); la temática se presentan en la gráfica 5.2, donde se puede observar que la mayoría de los agricultores son capacitados en cuestiones de producción y en menor medida en comercialización, transformación y organización, lo cual se puede entender en razón de que la mayoría de los agricultores son de pequeña escala, por lo que los temas de la agricultura comercial pueden no serles de utilidad.

**Gráfica 5. 2: Agricultores que recibieron capacitación o asistencia técnica según orientación temática, 2007**



Fuente: elaboración propia a partir de Inegi, 2013

**Gráfica 5. 3: Ejidatarios que recibieron capacitación según tema, 2001 y 2007**



Fuente: elaboración propia a partir de Inegi, Censo ejidal 2001 y 2007

La prioridad de la capacitación cambia si se trata de ejidatarios, en cuyo caso, sobresale el tema del manejo de los cultivos del bosque, seguido de la organización agraria. De 2001 a 2007 se ha incrementado la capacitación a ejidatarios, e incluso han surgido nuevos tópicos, como son los derechos agrarios y la comercialización (ver gráfica 5.3), lo que apunta al fortalecimiento de la agricultura comercial.

La capacitación como parte del capital humano también contempla a los actores públicos, los cuales se habilitan ya sea para entender la operacionalización de los programas o para actualización en los temas que se consideran más relevantes para el sector (como ejemplo, el CC según lo menciona un actor público, aunque con una orientación prioritaria hacia mitigación). El objetivo de la capacitación a funcionarios es que ellos puedan, a su vez, capacitar a los agricultores; esta estructura vertical arriba-bajo evita que las necesidades de los agricultores se reflejen en los programas públicos, lo cual limita la capacidad adaptativa al arrastrar los vacíos que la política agrícola ha dejado a lo largo del tiempo (especialmente en referencia a los pequeños productores).

El objetivo de la capacitación es el acceso a los programas y no la mejora de los potenciales de los agricultores. En este sentido, un funcionario público expresa: “... *algo que estamos tratando de hacer en la secretaría es una buena ingeniería de intervención de los programas [...] para que al final de cuentas podamos nosotros llevar los otros programas que se tienen y que deben de incidir precisamente en esa serie de necesidades que tienen los productores,*

*pero cuidar la capacitación previa, porque lo hacemos al revés, primero sacamos éstos y luego andamos buscando a quien le damos capacitación”.*

Las condiciones de un bajo nivel educativo y de la capacitación agrícola orientada hacia temas comerciales puede limitar la capacidad del sector para implementar medidas para proteger las siembras ante siniestros agroclimáticos y para emprender nuevas prácticas productivas ante incrementos en la temperatura y recorte en la temporada de lluvias y en los niveles de precipitación (observados y que se proyectan para el futuro cercano).

Si bien no existe información que permita identificar la tendencia del nivel educativo para el caso específico de los agricultores en el estado, según información de PNUD (2007) y del Consejo Nacional de Población (Conapo, 2012) se observan mejoras en cuanto al índice de educación del IDH estatal, el analfabetismo y la población con primaria y secundaria completa desde 1950 a 2005, con lo cual se puede esperar que esta tendencia positiva continúe en el futuro gracias a los jóvenes que participan o que se están incorporando al sector<sup>59</sup>.

Respecto a la capacitación, si bien se observa un notable incremento en 2007 respecto de los niveles de 2001, los temas responden a la política nacional que busca una re-estructuración productiva hacia la agricultura comercial, lo cual beneficia especialmente a los (pocos) grandes productores, mientras que los pequeños sólo se benefician de los tópicos relativos a la producción y a la organización ejidal.

La temática del CC permanece ausente en las capacitaciones a agricultores, pero ha empezado a implementarse con los funcionarios públicos (aunque el enfoque tiende a la mitigación y en menor -casi nula- medida hacia la adaptación), lo cual abre la posibilidad de que en el futuro cercano este tema se acerque a los productores. El principal problema que se observa es la falta de acceso a capacitación, pues la forma en que se construye capital humano en el sector agrícola en Michoacán está contribuyendo a la construcción de una divergencia entre agricultores, es decir, está marcando la diferencia entre los pequeños y medianos agricultores y los productores comerciales.

---

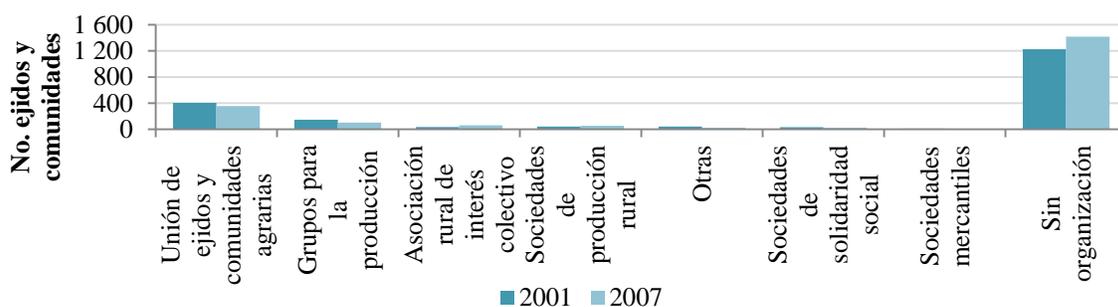
<sup>59</sup> Según Inegi (2013) 36,796 jóvenes entre 12 y 18 años y 11,516 niños menores de 12 años participan con sus familiares en las actividades agropecuarias, lo cual puede resultar positivo de no abandonar los estudios para dedicarse de tiempo completo a dichas actividades.

### 5.2.2. Capital social

El capital social del sector agrícola del maíz en Michoacán queda conformado por las asociaciones de productores (principalmente ejidos y comunidades agrarias) y por el vínculo entre agricultores y sector público; se establece una relación positiva con la capacidad adaptativa: entre mayor sea el número de agricultores que pertenecen a una organización y que reciben algún beneficio por ello, mayor será la capacidad de afrontar las consecuencias de la variabilidad y el CC; igual ocurre si el acercamiento entre el sector público y los agricultores permite la retroalimentación de las necesidades de los últimos y facilita el acceso a los programas agrícolas.

Según información de Inegi (2013), en Michoacán se registraban 305,389 ejidatarios y 1,910 ejidos (no todos con actividades agrícolas). Tanto en 2001 como en 2007, la mayoría de los ejidos no tiene forma de asociación y aquellos que si se organizan de alguna forma, sobresalen la unión de ejidos y comunidades agrarias y los grupos para la producción. Es de apreciarse que las principales organizaciones muestran una baja de 2001 a 2007 (ver gráfica 5.4).

**Gráfica 5. 4: Ejidos y comunidades, según organización y asociación, 2001 y 2007**

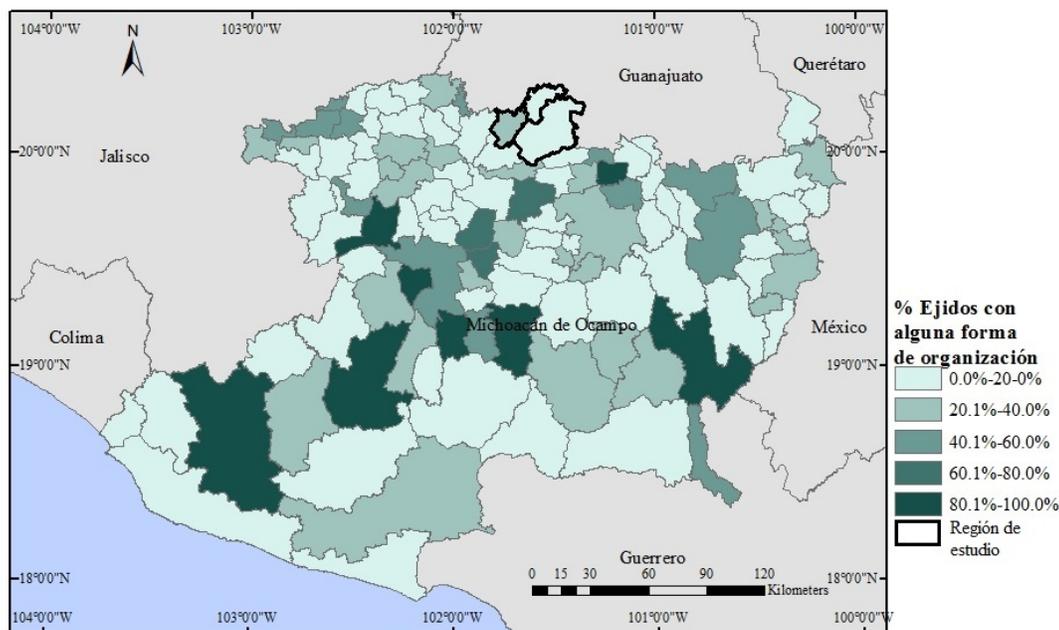


Fuente: elaboración propia a partir de Inegi, Censo ejidal 2001 y 2007

Más del 80 por ciento de los ejidos en 8 municipios<sup>60</sup> de Michoacán observa alguna forma de asociación, mientras que en la mayoría del territorio menos del 20 por ciento cumple con esta condición. En general los municipios donde se produce aguacate y limón están mejor organizados, en tercer lugar están los municipios maiceros (ver mapa 5.3).

<sup>60</sup> Gabriel Zamora, Ario, Coalcomán, Tiquicheo, Nuevo Parangaricutiro, Apatzingán, Copándaro y Los Reyes

**Mapa 5. 3: Porcentaje de ejidos que cuenta con alguna forma de organización, según municipio, 2007**



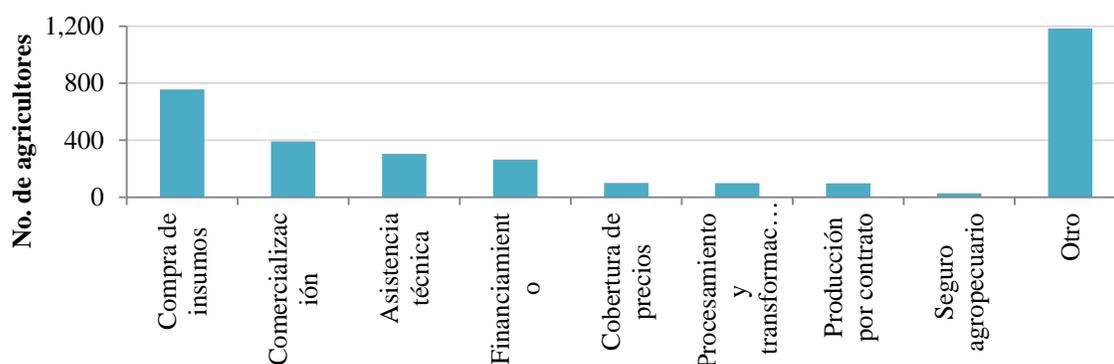
Fuente: elaboración propia a partir de Inegi, Censo ejidal 2007

Al ser parte de un grupo, los principales beneficios que los agricultores identifican son: compra de insumos, comercialización, asistencia técnica y financiamiento (ver gráfica 5.5). En las entrevistas a agricultores, el principal beneficio señalado al pertenecer a un ejido son los apoyos de Procampo. La razón del porqué no se señala otro tipo de beneficios puede derivar del sistema de comunicación para promover y acceder a los apoyos; por ejemplo, los entrevistados señalan problemas de compadrazgo y clientelismo, especialmente a nivel local, donde no todos los ejidos obtienen los mismos beneficios por el tipo de relación entre comisarios ejidales y funcionarios locales, e incluso dentro del ejido, no se informa a todos los miembros de los apoyos destinados a la región, dependiendo del grado de amistad con sus comisarios.

El ejido ha perdido fuerza como institución política (especialmente después de las reformas al art. 27), quedando supeditada a un medio para acceder a los apoyos, pues por lo general cada agricultor trabaja en lo particular. Sólo cuando acontece un desastre agroclimático es cuando se hace más evidente la solidaridad entre los productores, especialmente entre aquellos que

fueron afectados, llegando incluso a manifestaciones y toma de carreteras, según menciona un funcionario público. Así mismo, la figura del ejido ha generado cierta fragmentación entre los agricultores, dependiendo el ejido al que pertenezcan, especialmente por problemas originados desde la repartición de las tierras y por cuestiones de propiedad de presas y derechos de agua (administrado por el Procede, ahora FANAR), según lo comentó un funcionario.

**Gráfica 5. 5: Agricultores en organizaciones de productores según tipos de beneficios, apoyos o servicios obtenidos, 2007**



\*Si bien en el Censo ejidal 2007 no se menciona a que se refiere el concepto “Otro”, en las entrevistas aplicadas a agricultores, ellos identifican como principal beneficio el estar dentro del padrón del Procampo, al enterarse de las fechas para inscripción en el programa y de cuándo se pagan los apoyos  
Fuente: elaboración propia a partir de Inegi, Censo ejidal 2007

La falta de cohesión social repercute en la facilidad para acceder a los apoyos y recursos públicos, en especial los destinados a remediar los siniestros agroclimáticos, lo que a su vez afecta al capital financiero. Dicha situación se observa en lo narrado por un comisario ejidal: *“...pues por lo general en el ejido de S.A, hay reuniones mensuales [...] cuando nos pasa un desastre, lamentablemente pasa cuando acaba de pasar [la reunión ejidal], se nos hace difícil llamar a los compañeros ejidatarios para afrontarlos sobre el siniestro sucedido y cuando queremos ya arrimarnos a la dependencia a solicitar el apoyo, nos ponen, a veces nos ponen obstáculos”*.

Además, por los problemas en la organización al interior de los ejidos (que limita el acceso a los recursos públicos), se alimentan las percepciones negativas del actuar gubernamental, las que se convierten en una limitante del proceder ante la ocurrencia de siniestros y pérdidas agrícolas, por lo cual las deficiencias en el capital social se traducen en limitantes en el capital financiero del estado. La comunicación sector público-agricultores, si bien busca acercarse al

nivel local, conserva la dinámica de arriba hacia abajo. El nivel federal queda representado por la delegación de la Sagarpa en Michoacán, la cual trata de mantener una constante comunicación con la figura estatal, representada por Sedru. A nivel regional, surge la figura de los Distritos de Desarrollo Rural (DDR). De éstos se derivan los Cader que buscan atender a los 113 municipios del estado. Adicionalmente en cada cabecera municipal fungen los directores de agricultura y desarrollo rural, quienes junto con los encargados de los Cader mantienen contacto más cercano con los agricultores.

Sin embargo, la cercanía con los agricultores no se traduce en que las necesidades de éstos sean atendidas, al contrario, los funcionarios locales expresan cierta molestia con la actitud de los productores, quienes según sus palabras *“a veces como productores no actuamos legalmente, no decimos realmente el problema que tenemos, sino que queremos le repito que todo nos lo den [...] muchas veces llegan los productores a preguntar qué es lo que tienes y no va por ahí, sino hay que decir qué es lo que necesita uno, no qué es lo que hay...”*. Esta declaración pone en evidencia dos cuestiones: por un lado hace énfasis en la necesidad de que la política agrícola considere las demandas de los productores y por otro lado, ilustra la inercia de los agricultores por la dependencia que ha generado la política asistencialista.

Pero los esquemas de desconfianza no se limitan a las relaciones con el sector público, también incluyen a las relaciones entre agricultores y sus comisarios ejidales, según lo expresa un agricultor al referir que no tiene beneficios dentro de su ejido: *“... les han dado muchos apoyos a los ejidatarios, pero se los dan entre compadres, que a veces no necesitan el apoyo, y que a los más necesitados no alcanzan nada porque no tiene influencia ni conocidos importantes”*.

Con base en lo anterior, se puede concluir que la principal limitante del capital social agrícola en Michoacán es la falta de cohesión social, que genera esquemas de desconfianza y descontento en las relaciones entre los ejidos, al interior del ejido con sus comisarios ejidales y con los actores públicos. Estas deficiencias provocan, a su vez, obstáculos para el acceso a los recursos de programas y apoyos, con lo que se limita el capital financiero del sector en el estado.

### 5.2.3. Capital natural

La evaluación del capital natural del sector agrícola se realiza considerando la ausencia de problemáticas de calidad de suelo y aspectos relacionados con el agua para riego. Los principales inconvenientes relacionados con la calidad del suelo son la superficie agrícola con problemas de erosión o que se encuentra ensalitrada. En Michoacán, solo alrededor del 0.02 por ciento de la superficie estatal tiene degradación, lo cual se puede considerar un buen indicador, pues en promedio solo 0.5 por ciento de los agricultores no puede sembrar por las condiciones mencionadas (cálculos propios a partir de Inegi, 2013). Con lo anterior, se puede considerar que el capital natural tierra de Michoacán es alto.

En cuanto al tema del agua, Michoacán pertenece a dos regiones hidrológico-administrativas (RHA<sup>61</sup>) que contienen ocho Distritos de Riego (DDR<sup>62</sup>) (ver tabla 5.1).

**Tabla 5. 1: Distritos de Riego del estado de Michoacán según Región Hidrológica Administrativa a la que pertenece**

DDR	Nombre	RHA
020	Morelia	VIII Lerma-Santiago-Pacífico
024	Ciénega de Chapala	VIII Lerma-Santiago-Pacífico
045	Tuxpan	IV Balsas
061	Zamora	VIII Lerma-Santiago-Pacífico
087	Rosario-Mezquite	VIII Lerma-Santiago-Pacífico
097	Lázaro Cárdenas	IV Balsas
098	José Ma. Morelos	IV Balsas
099	Quitupan-Magdalena	IV Balsas

Fuente: elaboración propia a partir de Conagua, 2013

Según Conagua (2013a), en 2010 la RHA IV, tiene una disponibilidad de 21,991 millones de m<sup>3</sup>, mientras que la RHA VIII dispone de 34,348 millones de m<sup>3</sup>. Considerando la población de cada región, la disponibilidad natural media per cápita del agua en los RHA a los que pertenece Michoacán es de 1,757 m<sup>3</sup>/hab/año (promedio de las dos regiones); se espera que

<sup>61</sup> Una RHA es "...un área territorial definida de acuerdo con criterios hidrológicos, integrada por una o varias regiones hidrológicas, en la cual se considera a la cuenca hidrológica como la unidad básica para la gestión de los recursos hídricos" (Conagua, 2012)

<sup>62</sup> Infraestructura hidroagrícola para el riego por gravedad en las parcelas (Conagua 2013)

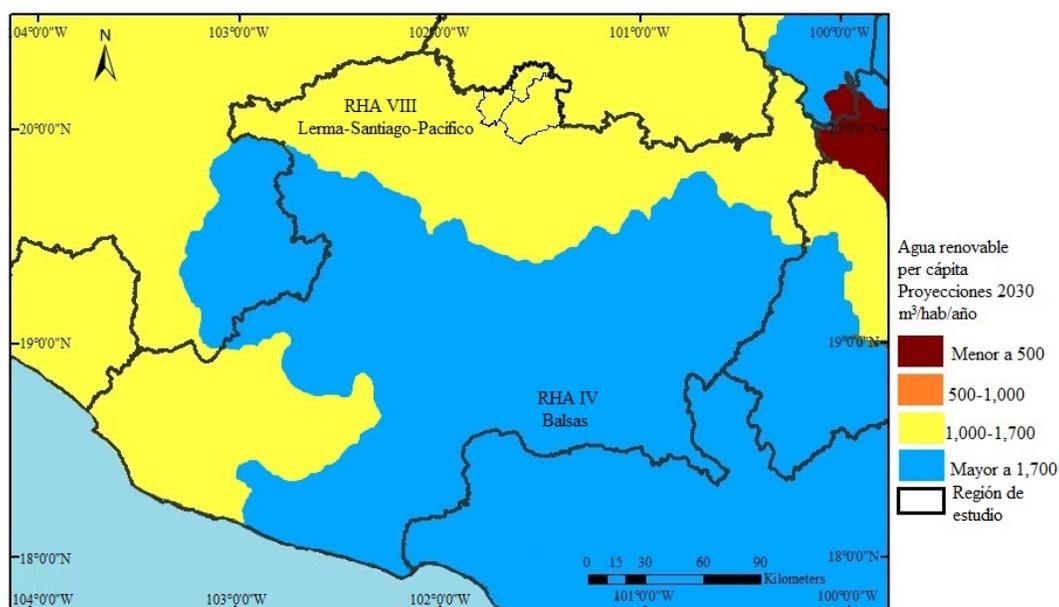
para 2030 dicha disponibilidad baje en -0.55 por ciento en la RHA IV y en -4.32 por ciento en la RHA VIII (ver tabla 5.2). En la región norte que sobresale por su importante producción de maíz) es donde se proyecta la reducción más importante de la disponibilidad de los recursos hídricos, en tanto que la zona frutícola será la menos afectada (ver mapa 5.4).

**Tabla 5. 2: Disponibilidad natural media per cápita (m<sup>3</sup>/hab/año) 2010 y 2030, en las RHA a las que pertenece Michoacán**

RHA	Disponibilidad natural media per cápita 2010 (m <sup>3</sup> /hab/año)	Disponibilidad natural media per cápita 2030 (m <sup>3</sup> /hab/año)	Variación % 2030 respecto a 2010
IV	1,987	1,976	-0.55%
VIII	1,527	1,461	-4.32%

Fuente: elaboración propia a partir de Conagua 2013a

**Mapa 5. 4: Proyección de la disponibilidad media natural per cápita en el año 2030, m<sup>3</sup>/hab/año**



Fuente: modificado de Conagua, 2014a sobre la base de Inegi, 2010

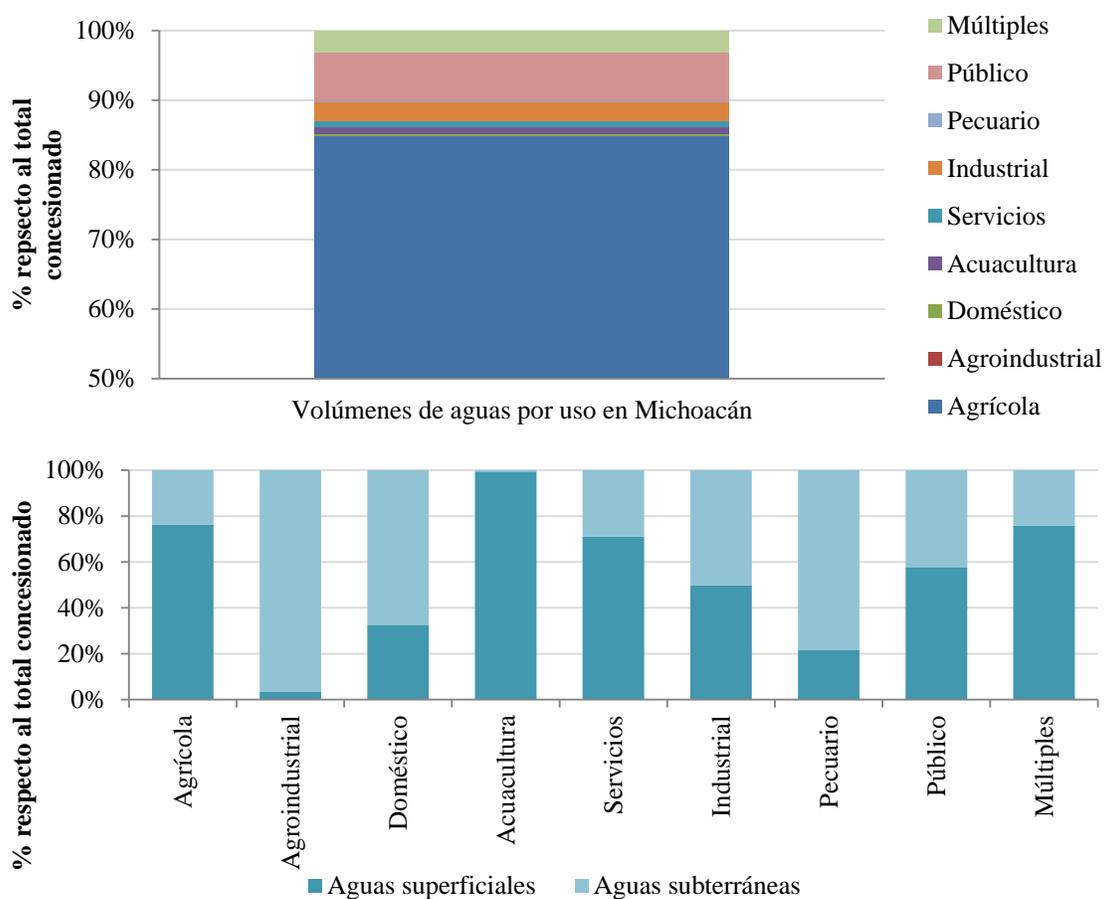
En ambas regiones, el grado de presión sobre el recurso hídrico es fuerte (Conagua, 2013). Dentro de los usos consuntivos del agua<sup>63</sup>, la agricultura acapara alrededor del 84.88 por ciento de las concesiones en Michoacán (más de 4,300 millones de m<sup>3</sup>), de los cuales 76 por

<sup>63</sup> Se excluye la generación de energía eléctrica

ciento proviene de fuentes superficiales y el restante es agua subterránea (Conagua 2014). Ese uso consuntivo representa el 87 por ciento de las concesiones de agua superficial (ver gráfica 5.6). La preponderancia del uso agrícola dentro de los usos consuntivos del agua en Michoacán puede entenderse como la razón del porqué se está apostando al incremento de la superficie de riego superficial y subterráneo como medida adaptativa en el estado.

La importancia de las concesiones de agua estriba en que éstas son el primer requisito para acceder a apoyos para la construcción de canales de riego, tal y como lo expresa un ejecutivo estatal: *“tienes que tener una concesión del agua; si no hay concesión no podemos apoyar, de eso se trata también, ahí tenemos que darle cumplimiento a la normatividad de la Comisión Nacional”*.

**Gráfica 5. 6: Concesiones de agua en Michoacán a febrero de 2014, según uso consuntivo y fuente del recurso hídrico**



Fuente: elaboración propia a partir de Conagua 2014

Uno de los puntos a considerar es la calidad del agua empleada (blanca, negra y tratada) en la agricultura. La gran mayoría de los municipios (incluido la región de estudio) usa principalmente agua blanca para riego agrícola, lo cual es indicativo de dos cosas: por un lado la importancia de la agricultura dentro de los usos consuntivos de agua y por otro la gran forma de presión sobre el recurso que esta actividad representa. En contrapeso a este uso de agua de buena calidad, tenemos el caso específico de tres municipios Álvaro Obregón, Indaparapeo y Paníndicuaró, que en su mayoría emplean aguas negras para riego, lo cual se considera el peor escenario. De forma alternativa, algunos municipios<sup>64</sup> completan el agua de riego con líquido tratado<sup>65</sup>, lo cual puede aminorar la presión ejercida sobre los recursos hídricos, y puede considerarse como una práctica benéfica en términos de capacidad adaptativa, siempre y cuando los tratamientos a los que son sometidas ofrezcan niveles aceptables de calidad.

Si bien se puede considerar que el capital natural por el recurso agua es alto, esta situación se convierte en desventaja al considerar dos factores: los beneficios del riego no alcanzan a todos los agricultores (como se presenta en el mapa 4.12, la superficie de riego es poca) y la proyección para el futuro cercano es que las lluvias disminuyan, con lo que la disponibilidad del agua para riego no se puede tener como una certeza, pues como se muestra en la tabla 5.2 y en el mapa 5.4 la disponibilidad *per cápita* de agua en 2030 será menor, por lo que los sistemas de riego no se consideran un buen indicador de capital físico, pues como menciona un agricultor: “*Los cultivos de riego también dependen de las lluvias*”.

#### 5.2.4. Capital físico

El capital físico es abordado considerando la maquinaria y el equipo de que disponen los agricultores para realizar la labor agrícola: entre mayor sea la disponibilidad de éstos, mayor será la capacidad adaptativa del sector. En el caso del maíz en Michoacán, los funcionarios

---

<sup>64</sup> Sobresalen Quiroga y Zacapu donde más del 10 por ciento del agua de riego es tratada; 18 municipios usan entre 1 y 10 por ciento de agua tratada, en tanto que 66 municipios no usan este tipo de agua para riego

<sup>65</sup> Al 2010 en Michoacán solo existían 32 plantas de tratamiento de aguas residuales distribuidas en 22 municipios; para 2013 se incrementó a 45 plantas (Conagua 2011 e Inegi, 2014b).

gubernamentales identifican que la maquinaria es el rubro con mayor demanda de apoyo por parte de los agricultores: *“la demanda [de apoyos] que más tenemos para el maíz es para tractores [...] de hecho en el maíz, el 50 por ciento o más de 60 por ciento se va a lo que es maquinaria y equipo”*.

En Michoacán, la maquinaria de uso agrícola más común<sup>66</sup> son las trilladoras y los tractores; geográficamente existen tres grandes regiones en las que la disponibilidad de estas máquinas es mayor: el norte-occidente, la zona de Tierra Caliente donde se producen las frutas y una pequeña zona al norte del estado. Los municipios que cuentan con mayor disponibilidad de ambos tipos de maquinaria para sus agricultores son Churintzio y Briseñas, mientras que en la región de estudio, solo Angamacutiro dispone de 12 tractores y 0.20 trilladoras por cada 100 agricultores, mientras que José Sixto Verduzco dispone de 8.48 tractores y 0.29 trilladoras por cada 100 agricultores y Puruándiro de 7.25 tractores y 0.17 trilladoras por cada 100 agricultores.

En el estado solo el 11.37 por ciento de los agricultores son dueños de los tractores que utilizan, el 99.49 por ciento tienen que rentarlos, 0.40 por ciento lo consiguen prestado y 0.03 por ser parte de un grupo (según cálculos propios a partir de Inegi, 2013). La situación anterior es parte del reflejo de la débil cohesión social entre los agricultores del estado, lo cual, en este caso, sugiere que para acceder a esta maquinaria se tenga que incurrir en un gasto, recurrir a algún apoyo gubernamental para adquirirlo<sup>67</sup> o trabajar sin el uso de esta maquinaria. Si bien en el caso de agricultores con poca superficie resulta más eficaz rentar a adquirir la maquinaria (lo cual resulta muy caro), esto impide la flexibilidad en la organización de las labores, pues para sembrar tiene que esperar a que la maquinaria esté disponible para poder usarla, lo cual puede retrasar el inicio de su producción. Con base en lo anterior se deduce que el capital físico de la agricultura de maíz en Michoacán es muy bajo y se limita aún más por las deficiencias en capital social.

Ahora bien la postura gubernamental apuesta a la construcción de capital físico por medio de obras de infraestructura de riego. Se ha mencionado con anterioridad que la existencia de

---

<sup>66</sup> Existen más máquinas de uso agrícola (como arado, aspersor, desgranadora, cultivadoras, etc.), pero se retoman las trilladoras y tractores por la información disponible en Inegi, 2013

<sup>67</sup> Adquisición de Activos Productivos (Alianza para el Campo), para mayor detalle consultar <http://www.sagarpa.gob.mx/programas2/Paginas/AdquisiciondeActivosProductivos.aspx>

sistemas de riego es limitada (ver mapa 4.12). Por este motivo se han implementado algunas medidas para incrementar la superficie de riego en el estado, dado que esta producción es menos afectada por siniestros agroclimáticos en comparación con la de temporal; según un funcionario estatal existe un plan para tecnificar con riego alrededor de 22 mil hectáreas en el periodo 2012-2014.

Ante el incremento de la superficie de riego, queda el cuestionamiento acerca de dónde se obtendrá el agua para una mayor demanda. Actualmente las principales fuentes del agua de riego son los ríos, las presas y los pozos profundos (según información de Inegi, 2013). Algunos agricultores indican que la mejor fuente del agua para riego son los pozos, pero explican que resulta muy caro este tipo de extracción, pues cada vez se tienen que excavar más profundo para llegar al líquido, como lo expresa un funcionario regional: “...*pues los mismos comentarios que hacen los productores, aquí se perforaba a 208 metros, ya vamos a 250-300 metros*”. Lo anterior refleja problemas con la disponibilidad de agua, la cual, como ya se ha mencionado, se espera se agudice para el 2030.

#### 5.2.5. Capital financiero

La evaluación del capital financiero se realiza considerando los ahorros de los agricultores derivados de las actividades agrícolas, los créditos a los que tienen acceso, las transferencias de recursos públicos (principalmente Procampo) y los seguros agrícolas; la relación respecto del capital financiero y la capacidad adaptativa es directa bajo el supuesto de que al aumentar los recursos financieros será mayor la flexibilidad de los productores para realizar inversiones que mejoren los resultados de su producción.

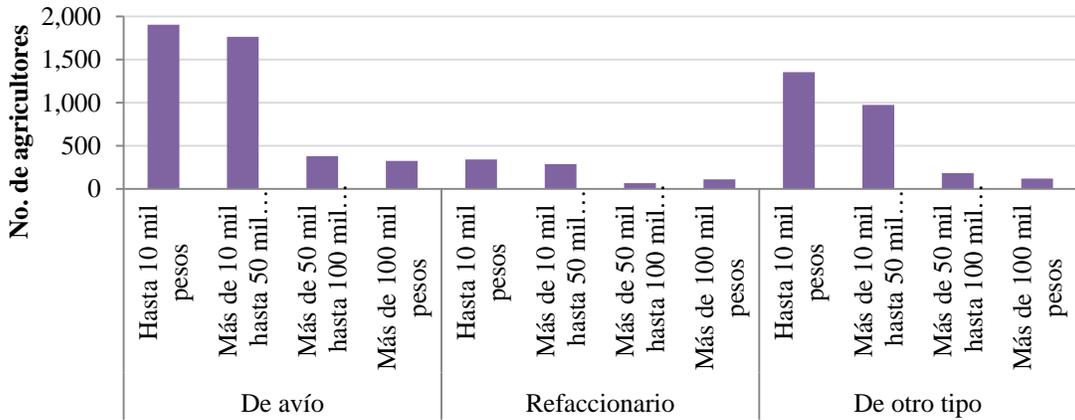
Según el Censo Agrícola del 2007, en Michoacán, solo alrededor del 4.37 por ciento de los agricultores ahorra alguna parte de sus ingresos por actividades agrícolas, lo cual nos refiere que esta práctica no es común entre los productores. Si bien en la mayoría de los municipios menos del cinco por ciento de los agricultores acostumbra ahorrar, en el occidente del estado es más común esta práctica, especialmente en la zona frutícola de Tierra Caliente, donde más

del 10 por ciento de los productores reserva parte de sus ingresos, lo cual se atribuye a que esos productos alcanzan un mejor precio en el mercado.

Además de los ahorros de los agricultores, otra forma de financiar la producción es mediante el crédito; sin embargo es muy poco el porcentaje de agricultores que tiene acceso a esa fuente de financiamiento (4.27 por ciento promedio estatal, según cálculos propios a partir de Inegi, 2013). Las regiones norte-occidente (que incluye la región de estudio) y algunos municipios de Tierra Caliente son los lugares donde se dispone en mayor medida de los créditos.

El uso que se da a los créditos es principalmente para avío<sup>68</sup>, para lo cual la mayoría de los productores solicita hasta 50 mil pesos. Los créditos refaccionarios<sup>69</sup> son el motivo menos común para solicitar financiamiento (ver gráfica 5.7). Los rubros diferentes a los gastos anuales de producción (avío) pueden contribuir a la adaptación si se realizan como inversiones que mejoran en alguna medida la forma de producción.

**Gráfica 5. 7: Agricultores que accedieron a algún crédito, según el monto y el destino de los recursos, 2007**



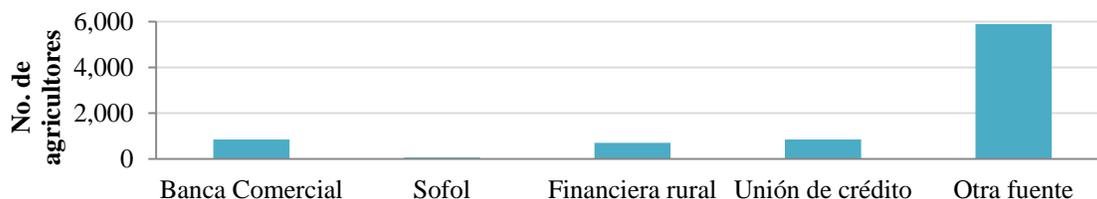
Fuente: elaboración propia a partir de Inegi, 2013

Las fuentes de financiamiento más recurridas se presentan en la gráfica 5.8, las cuales, según el número de agricultores que recurren a ellas son otras, Unión de Crédito<sup>70</sup>, Banca Comercial<sup>71</sup>, Financiera Rural y en menor medida las Sociedades financieras de objeto

<sup>68</sup> Compra de insumos y pago a trabajadores (Inegi, 2013)  
<sup>69</sup> Según Inegi, 2013, el crédito refaccionario es aquel que se solicita para ser invertido en capital físico, como para la compra de maquinaria, instalaciones, etcétera.  
<sup>70</sup> Unión de crédito es una asociación de personas que buscan facilitarse el acceso a servicios de crédito o ahorro  
<sup>71</sup> Instituciones privadas

limitado (conocidas como Sofol<sup>72</sup>). Entre las “otras fuentes” de recursos están las financieras locales y los prestadores informales, pero se considera que las principales son las transferencias vía Procampo (ahora Proagro Productivo). Este programa es identificado por los productores entrevistados como el único apoyo que reciben para la producción agrícola “...pues ayuda nomás la del Procampo, pero es una ayuda chiquita”, según declara un agricultor.

**Gráfica 5. 8: Fuentes del financiamiento, según la cantidad de agricultores que recurren a ellas, 2007**



Fuente: elaboración propia a partir de Inegi, 2013

La cobertura de este programa de apoyo en Michoacán es en promedio del 86 por ciento, la cual es mayor en el norte-occidente (incluida la región de estudio) y la región costa; en estos casos el alcance de Procampo resulta alrededor del 100 por ciento<sup>73</sup>, lo cual refleja la gran demanda que existe del mismo por parte de los agricultores (ver mapa 5.5).

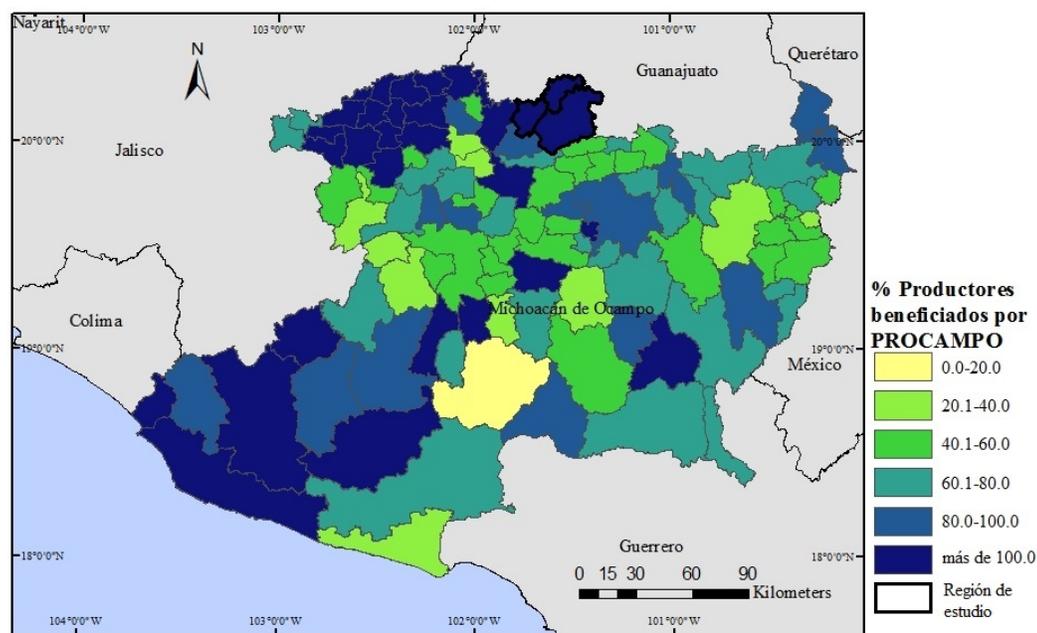
En 1994, cuando da inicio Procampo, 88 por ciento de los solicitantes entra al padrón de beneficiarios; dicho porcentaje ha aumentado, pues en el periodo 2001-2011 la proporción de beneficiados es de 100 por ciento (estimaciones propias según Inegi 1987-2011). En su año de inicio, Procampo beneficia a más de 250 mil agricultores en el estado. Un año después, en 1995 el número de beneficiarios cae en un 32 por ciento. En promedio, durante la existencia del programa se han apoyado a 172 mil productores. Los años en que se ha observado mayor

<sup>72</sup> Las Sofoles tienen el objetivo de facilitar crédito para la adquisición de bienes muebles e inmuebles a aquellos que no tienen acceso a otro tipo de financiamiento (para mayor detalles ver <http://www.condusef.gob.mx/index.php/instituciones-financieras/otros-sectores/sociedades-financieras-de-objeto-limitado-sofoles>)

<sup>73</sup> Se considera los porcentajes mayores al 100 por ciento se deben a la disparidad entre las unidades de producción contadas en el censo de 2007 y los registros de beneficiarios de Procampo para el mismo año.

variación son 1995, 2005, 2006<sup>74</sup> y 2007 (-32, -24, 84 y -40 por ciento, respectivamente) (ver gráfica 5.9).

**Mapa 5. 5: Agricultores dentro del padrón de beneficiados del Procampo en Michoacán, porcentaje respecto al total de agricultores por municipio, 2011**



Fuente: elaboración propia a partir de Inegi, 2012, sobre la base de Inegi, 2010

**Gráfica 5. 9: Histórico del número de agricultores beneficiados por el Procampo y su variación anual**



Fuente: elaboración propia a partir de Inegi, 1994-2011

<sup>74</sup> El fuerte aumento 2006 se atribuye al objetivo de incrementar la cobertura del programa y a la falta de seguimiento al mismo, pues ese año la superficie sembrada con granos básicos disminuyó en -15.6 por ciento (excepto la de sorgo que incrementó en 3 por ciento) (cálculos propios a partir de datos de Inegi, 2006).

Si bien la cobertura del Procampo es amplia, los recursos resultan pocos para los pequeños productores que poseen pocas hectáreas (1,300 pesos por ha. según Sagarpa, 2014b), sin embargo ante las adversidades que afrontan en la producción (incluidas las pérdidas por siniestros agroclimáticos), ellos se aferran a la siembra de maíz por ser ésta su forma de vida: *“...a veces le pienso para usar lo del Procampo en la producción en vez de gastarlo en otra cosa, porque no tiene buenos resultados del trabajo, pero es lo único que sé hacer”*.

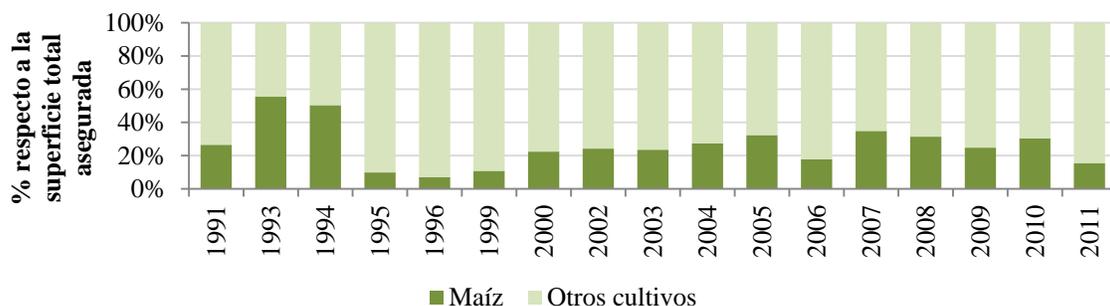
Respecto a los seguros, hay dos tipos: el tradicional y el catastrófico; el primero es ofrecido por las aseguradoras a los productores de forma individual, apoyado con recursos federales por el programa de Agroasemex para el subsidio a la prima del seguro agropecuario; el segundo tipo de seguro es contratado por Sagarpa a Agroasemex de forma masiva (Sagarpa figura como la beneficiaria) para aquellos agricultores que no acceden al seguro tradicional y son pagados en su totalidad por recursos federales (Inegi, 2013).

Respecto al tradicional, sólo el 0.44 por ciento de los agricultores en el estado contratan algún tipo de seguro agrícola, las zonas más protegidas son el norte-occidente y Tierra Caliente. En promedio en el estado, 91.17 por ciento de los asegurados contratan con Agroasemex (estimaciones propias con base en Inegi, 2013).

Los cultivos que en el 2011 aseguran la mayor cantidad de superficie son el aguacate, el producto más rentable del estado (41.53 por ciento de la superficie total de seguros tradicionales), el trigo (18.94 por ciento) y el maíz (15.53 por ciento). De éste último se observa que antes de 1994 tenía mayor presencia dentro de la superficie asegurada, pero una vez que entra en vigor el NAFTA y se inician las políticas de reconversión productiva su participación decae; así mismo, en años posteriores a un siniestro, como 2007 y 2010, incrementa la superficie asegurada (ver gráfica 5.10).

Respecto a los seguros catastróficos, su objetivo es remediar el daño mediante una forma de planeación, esto es, si bien no se pueden advertir las afectaciones, por lo menos se construyen esquemas por el que los afectados no pierdan la totalidad de su inversión en la producción, e incluso que puedan volver a sembrar. Las cuotas que se pagan son de 1,200 pesos por hectárea de temporal (hasta 20 ha.) y 2,200 pesos por hectárea de riego (hasta 10 ha.), según lo afirma un funcionario de Sagarpa.

**Gráfica 5. 10: Porcentaje de la superficie total asegurada en Michoacán que corresponde al maíz, 1991-2011**



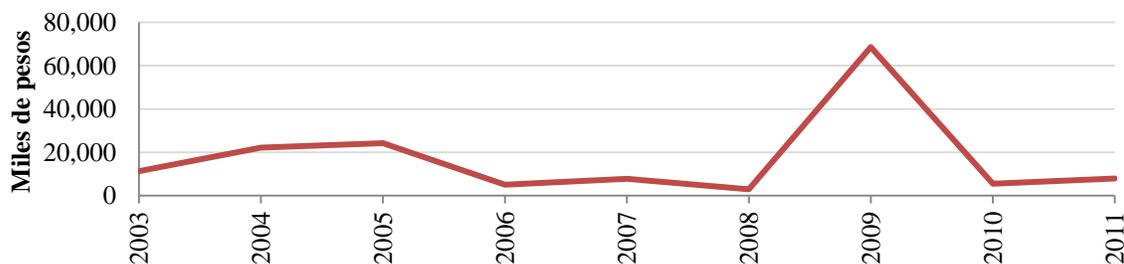
\*Se excluyen los años 1992, 1997, 1998 y 2001 por falta de información

Fuente: elaboración propia a partir de Inegi, 1991-2011

Según Inegi (2011) el maíz representa el 73.05 por ciento de la suma total asegurada en 2011 mediante el seguro catastrófico. Estos seguros se hacen efectivos siempre y cuando los impactos sean relevantes para la producción municipal según lo expresa un funcionario: “...*un seguro catastrófico o sea que como su nombre lo indica aplica exclusivamente en aquellos eventos donde la magnitud del siniestro es considerable por el riesgo a la economía de determinada región*”.

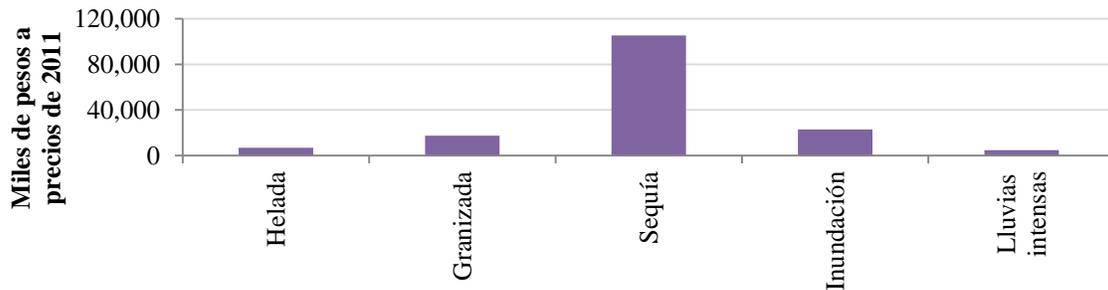
Los seguros catastróficos que se han hecho efectivos por la ocurrencia de siniestros agroclimáticos durante el periodo 2003-2011 equivalen a un total de 155.199 millones de pesos a precios constantes de 2011. El año en el cual fue mayor la entrega de apoyos es en 2009 (ver gráfica 5.11) durante la sequía presente en gran parte de los municipios del estado, por lo cual este rubro es al que más recurso se destina (ver gráfica 5.12).

**Gráfica 5. 11: Apoyos históricos cobrados al seguro catastrófico por la ocurrencia de siniestros agroclimáticos en Michoacán, precios constantes de 2011**



Fuente: elaboración propia a partir de información proporcionada por Sedru

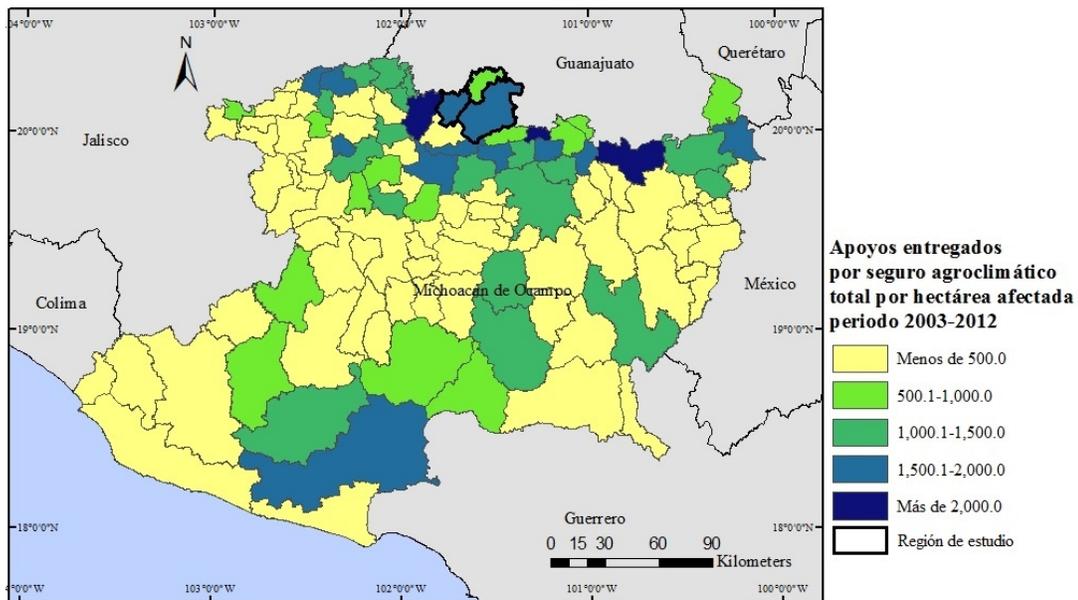
**Gráfica 5. 12: Rubros en los que se han hecho efectivos los seguros catastróficos en el periodo 2003-2011 en Michoacán**



Fuente: elaboración propia a partir de información proporcionada por Sedru

La distribución de los recursos derivados del seguro catastrófico se concentra en mayor medida en la región norte (incluida la región de estudio), aunque también hay una concentración importante hacia el sureste del estado (ver mapa 5.6); se observa cierta concordancia entre la concentración de los apoyos y los municipios que han sido afectados por sequías durante más años (ver mapa 4.17).

**Mapa 5. 6: Apoyos estimados por hectárea afectada que se entregaron por el seguro catastrófico por la ocurrencia de siniestros agroclimáticos en el periodo 2003-2012 en Michoacán**



Fuente: elaboración propia a partir de información proporcionada por Sedru, sobre la base de Inegi. 2010

Dentro de las limitantes de los seguros catastróficos, está la des-información entre los agricultores y los comisarios ejidales respecto de la operacionalización del seguro catastrófico, lo que genera desconfianza y descontento respecto de la instrumentación de dichos apoyos y del proceder de los actores públicos (deficiencias del capital social). Ejemplo de lo anterior es el hecho de no recuperar el total de las pérdidas, como lo señala un comisario ejidal: *“nomas te aseguran la pura siembra - no te regresan lo que vas a invertir ahí [...] no, nomás te dan para sembrar cuando pierdes la siembra”*.

Incluso se llega a señalar un tratamiento desigual entre los municipios, pues existe la percepción de que han existido ocasiones en las que las cuotas de recuperación han sido mayores en beneficio de terceros: *“...en Angamacutiro hubo seguros de cosecha, y cuando se vino el problema del helamiento del trigo, ahí les pagaron a todos, todos entraron - y ahí si les pagaron lo que era”*.

En conclusión al capital financiero del sector agrícola en Michoacán, los ahorros de los agricultores, el acceso a crédito y los seguros tradicionales son bajos, de forma que los recursos públicos se vuelven el eje principal del financiamiento al sector. Considerando la cobertura, Procampo es el acceso a financiamiento para la producción más importante en el estado, pero es apenas un pequeño incentivo para sembrar (cuando efectivamente se invierte en la producción), en tanto que no contribuye a la construcción de capacidad adaptativa frente a la variabilidad y el CC.

Por su parte, el seguro catastrófico es de orden reactivo, se emplea para remediar los impactos de la variabilidad climática, pero para efectos de prevención, no se invierte en proyectos, por considerar que el cultivo de maíz no es lo suficientemente rentable. Los seguros de este tipo son instrumentos de compensación y en respuesta por el daño, no son preventivos y por ende no contribuyen a construir capacidad adaptativa en el largo plazo, según se aprecia en la declaración de un actor público respecto de la experiencia de 2013: *“...la verdad es que este año fue muy difícil desde el punto de vista climático porque hubo inclusive sequía, hubo el fenómeno de la helada de marzo, hubo el huracán Manuel que se nos presentó en las costas y unas sequías que se presentó en Tierra Caliente y al final de cuentas esto le permitió al estado recuperar alrededor de unos 30 millones de pesos que es lo que está pagando ahorita a los*

*productores que resultaron afectados, pero al final de cuentas es un instrumento de riesgo, nada más”.*

### 5.3. Perspectivas a futuro 2015-2039: las necesidades de adaptación ante el cambio climático

A partir de la evaluación de la capacidad adaptativa en el apartado dos de este capítulo se identifican las tendencias actuales en cada tipo de capital y su posible evolución en el futuro cercano, lo cual se muestra en la tabla 5.3.

Actualmente el nivel educativo de los agricultores es bajo, sin embargo con base en las tendencias educativas del estado, puede esperarse que el nivel aumente un poco gracias a los jóvenes que se están incorporando a la labor como mano de obra familiar. En cuanto a la capacitación en temas agrícolas, la orientación actual hacia temas comerciales no fortalece la capacidad adaptativa en el caso de la producción de temporal o de pequeños productores; sin embargo se espera que como resultado de la creciente relevancia que se le otorga al tema del CC, la capacitación en este tema se extienda hacia todos los agricultores en general y con ello la capacidad de respuesta del sector en su conjunto.

En lo referente al capital social, tanto la cohesión social entre agricultores, como las relaciones entre el sector público y los productores son deficientes y no se observan señales de mejoría o acciones encaminadas a mejorar las relaciones y vías de comunicación, por lo cual es de esperarse que esta situación se prolongue hacia el futuro cercano, mermando a su vez de forma indirecta el capital financiero.

Respecto al capital natural, a la posible reducción en la disponibilidad de agua futura se puede sumar una degradación en la calidad de la tierra debido a los escenarios de temperaturas más cálidas y menos lluvia, lo que podría acentuar un poco los problemas de erosión y aumentar la evapotranspiración, motivo por el cual se espera que en el futuro cercano, el capital natural decrezca.

**Tabla 5. 3: Tendencias observadas y proyecciones a futuro de la capacidad adaptativa, según tipo de capital**

Tipo de capital	Estado actual en términos de capacidad adaptativa	Tendencia	Expectativa futura 2015-2039 en términos de capacidad adaptativa
<b>Capital humano</b>			
Escolaridad de los agricultores	Muy Bajo	↑	Bajo
Capacitación en temas agrícolas	Bajo	↑	Medio
<b>Capital social</b>			
Organizaciones de productores (cohesión social)	Bajo	~	Bajo
Relación productores-gobierno	Muy bajo	~	Muy bajo
<b>Capital natural</b>			
Calidad tierra (superficie agrícola)	Muy alto	↓	Medio
Disponibilidad agua para riego	Medio	↓	Bajo
<b>Capital físico</b>			
Maquinaria y equipo	Muy bajo	↑	Bajo
Sistemas de riego	Bajo	↑	Bajo
<b>Capital financiero</b>			
Ahorro de los productores	Muy bajo	~	Muy bajo
Créditos para los productores	Muy bajo	~	Muy bajo
Procampo-Proagro	Bajo	~	Bajo
Seguros agroclimáticos	Bajo	↑	Bajo

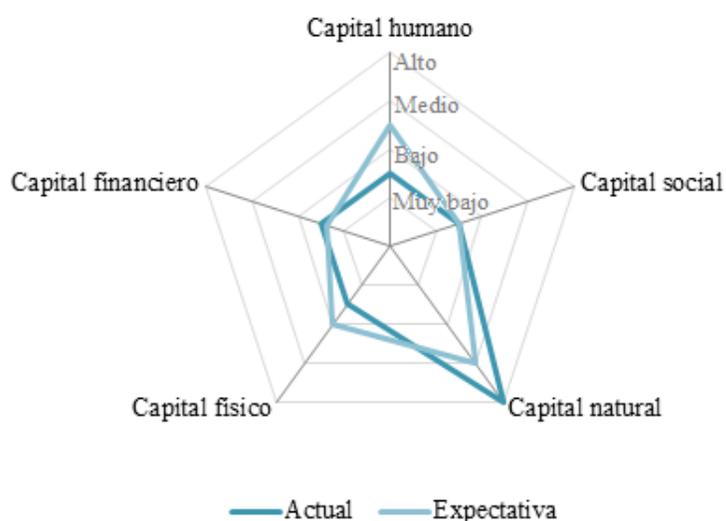
Fuente: elaboración propia a partir de evaluación cualitativa realizada en el apartado 5.2

La menor disponibilidad de agua afecta directamente a la eficiencia de los sistemas de riego como instrumentos de capacidad adaptativa, lo que reduce el capital físico; sin embargo, a nivel gobierno se observa la intención de incrementar no solo la dotación de infraestructura,

sino también la disponibilidad de maquinaria y equipo para los agricultores, por lo cual hay optimismo respecto de este capital para pasar de un nivel muy bajo a uno bajo.

Finalmente, respecto al capital financiero, no se observan tendencias positivas respecto al ahorro de los agricultores o los créditos, por lo que en el futuro no se esperan mejoras respecto a los niveles actuales. Se espera que los apoyos Procampo continúen con su alta cobertura, sin embargo su contribución a la capacidad adaptativa seguirá siendo mínima. En cuanto a los seguros, dados los escenarios de CC, se puede esperar que aumente la recurrencia de estos instrumentos, sin embargo al ser de carácter reactivo, no contribuyen a la capacidad adaptativa del sector.

**Figura 5. 1: Cambios esperados en la capacidad adaptativa, actual vs expectativa para el futuro cercano (2015-2039)**



Fuente: elaboración propia

En general, para el futuro cercano, se puede esperar un ligero incremento en la capacidad adaptativa gracias a las expectativas de mejora en los niveles educativos y en la capacitación agrícola y por la mayor disponibilidad de maquinaria y equipo para esta labor. Las contracciones más importantes en las capacidades se infieren en cuanto al capital natural y en menor medida en el capital financiero. En cuanto al capital social, no se entrevén modificaciones importantes (ver figura 5.1).

A partir de los cambios esperados descritos en la tabla 5.3 y en la figura 5.1 y con base en las proyecciones de las variaciones en los niveles de rendimientos del maíz para el futuro cercano, es necesario el fortalecimiento de la capacidad adaptativa, especialmente para afrontar la posible caída en los rendimientos en el periodo 2015-2030 (2034), por lo que las necesidades de adaptación se identifican en los siguientes puntos:

- Es necesaria la construcción de vías para fortalecer la cohesión social entre agricultores, construir confianza hacia sus líderes y hacia el actuar gubernamental; de ahí depende no solo el capital social, sino la capacidad adaptativa en general, ya que se supone que los capitales están interconectados entre sí, de forma que al invertir en capital social y humano, esto abre la posibilidad de incrementar la innovación y la creatividad dentro del sector, generando un tipo de reacción en cadena hacia los demás capitales para afrontar los retos futuros.
- Es necesario construir programas para prevenir y manejar los problemas de calidad de suelo, de forma que las condiciones climáticas no acentúen su degradación.
- Se debe promover el uso de agua tratada con fines de riego, garantizando su calidad para generar confianza en su uso entre agricultores y consumidores.
- Es necesario promover la cultura del ahorro por parte de los agricultores, así como facilitar el acceso a crédito.
- La figura de Proagro debe evolucionar hacia un instrumento de construcción de capacidades y no limitarse a la transferencia de recursos.
- Es indispensable cambiar el paradigma de que el cultivo de maíz no es lo suficientemente rentable como para impulsar proyectos de prevención ante las proyecciones de CC, finalmente se trata de un cultivo de suma importancia para el país, prueba de ello son las importaciones de este alimento y la gran cantidad de recursos que anualmente se destinan a resarcir los daños de siniestros agroclimáticos a este cultivo.
- Se debe cuidar que las tendencias positivas en los capitales humano y físico se cumplan, por un lado garantizando el incremento de la disponibilidad de maquinaria y equipo para todos los agricultores y por otro lado promoviendo la no-deserción escolar por parte de los jóvenes que se integran a la labor agrícola

- Se debe trabajar en la reducción de la divergencia entre grandes productores y pequeños agricultores, la política nacional deben formularse para beneficiar al sector en lo general a partir de mejorar las condiciones productivas de sus integrantes.
- Desde el punto de vista de investigación se deben de seguir estudiando los impactos de la variabilidad del clima y los eventos extremos en la producción del maíz y en el desarrollo de plagas
- Es de suma importancia reforzar a nivel local y regional los pronósticos climáticos estacionales y las alertas tempranas y fortalecer la transferencia de esta información al sector, esto en coordinación con Agroasemex y la CONAGUA

Las necesidades anteriores no corresponden solo a las responsabilidades de Sagarpa Michoacán o de Sedru, sino deben verse como resultado de políticas integrales construidas intersecretarialmente tomando ventaja de las bases que establece la política nacional de CC.

#### 5.4. La política nacional de CC y el sector agrícola

Inicialmente el tema del cambio climático se insertó en la agenda gubernamental a raíz de los acuerdos y compromisos que adquirió México a nivel internacional, por ejemplo al firmar *Protocolo de Kyoto*<sup>75</sup> y participar en el IPCC, haciendo constar su interés en los acuerdos establecidos. Otros de los acuerdos en los que México se ha insertado son (INE, 2010b):

- Red Iberoamericana de Oficinas de Cambio Climático- RIOCC
- Instituto Interamericano de Investigación sobre el Cambio Global- IAI
- Comisión para el Desarrollo Sustentable de las Naciones Unidas-CDS
- Dialogo sobre Cambio Climático, Energía Limpia y Desarrollo Sustentable
- Grupo de trabajo de alto nivel México-Estados Unidos sobre Cambio Climático
- Cooperación bilateral en materia del Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL) del Protocolo de Kioto

---

<sup>75</sup> La adición de México en dicho convenio fue en el grupo de países subdesarrollados, los cuales no tenían compromisos de reducción de emisiones (Naciones Unidas, 1998).

Los acuerdos anteriores muestran el gran interés que tiene México respecto del tema del CC, aunque el énfasis principal es para mitigación, se comienza a abrir espacio al debate sobre adaptación. En cuanto a la política interna, los últimos años ofrecen evidencia de la creciente importancia del CC dentro de la agenda gubernamental:

- 2005: conformación de la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, la cual un año después genera la *Estrategia Nacional de Cambio Climático*, donde el principal objetivo es dar cumplimiento a los compromisos adquiridos ante la CMNUCC (Semarnat, 2010).
- 2010: se crea el *Programa Especial de Cambio Climático 2009-2010*. En este documento el Gobierno Federal planteaba estrategias de mitigación y adaptación, además de metas de reducción de emisiones, enunciando que este programa se creaba por iniciativa propia, más que por presiones internacionales (Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, 2009).
- 2012: se aprobó la *Ley General de Cambio Climático*, donde la Comisión Intersecretarial de CC se integra por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), Sagarpa, Secretaría de Salud (SSA), de Comunicaciones y Transportes (SCT), de Economía (SE), de Turismo (Sectur), de Desarrollo Social (Sedesol), de Gobernación (Segob), de Marina (Semar), de Energía (Sener), de Educación Pública (SEP), de Hacienda y Crédito Público (SHCP) y de Relaciones Exteriores (SER) (Cámara de Diputados del H: Congreso de la Unión, 2012).

La Comisión Intersecretarial de CC sienta las bases necesarias para llevar a cabo el fortalecimiento de la capacidad adaptativa que requiere el sector agrícola del maíz en Michoacán, sin embargo es menester mostrar cautela por tres razones: en la Ley de CC la prioridad es la mitigación, en tanto que la adaptación se mantiene casi al margen de los planteamientos; aún no se logra generar una política integral que reúna y concilie los intereses de todas las secretarías, para lo cual se requiere evaluar la capacidad institucional para desempeñar esta función; y finalmente, el precedente de la Comisión Intersecretarial para el Desarrollo Rural Sustentable, la cual no generó la coordinación ni los resultados que se esperaban (Yúnez, 2006) y que también se relaciona con el sector agrícola y sus capacidades.

## 5.5. Conclusiones del capítulo

En la introducción de esta tesis se planteó como hipótesis secundaria que Michoacán no tiene la suficiente capacidad adaptativa ante la variabilidad y el CC, por el contexto socio-político que envuelve al sector agrícola del maíz. Con base en los resultados presentados en este capítulo se acepta esta hipótesis, lo cual se fundamenta en tres argumentos.

En primer lugar, los niveles de los capitales humano, social, físico y financiero son bajos o muy bajos, lo cual limita la capacidad de emprender acciones adaptativas para reducir las afectaciones por la variabilidad climática, especialmente en el caso de los siniestros agroclimáticos. Si bien el capital natural se considera alto, las proyecciones de CC para el futuro cercano pueden mermarlo, lo cual tendría repercusiones en otros tipos de capitales, como en el físico al reducir la eficacia de los sistemas de riego como una de las principales medidas adaptativas que se están promoviendo actualmente.

En segundo lugar, los rendimientos del maíz han aumentado a pesar de que las condiciones de temperatura y precipitación distan de óptimos para el alto potencial del cultivo, lo cual genera que no se planteen ningún tipo de medidas de prevención para el futuro cercano, especialmente para el periodo 2015-2034 cuando se proyectan posibles caídas en los rendimientos. Los efectos de los siniestros agroclimáticos (especialmente la sequía) al ocasionar pérdidas en la superficie sembrada resultan más obvios que los impactos los rendimientos, por lo cual las medidas adaptativas se han orientado a remediar (no prevenir) las pérdidas ocasionadas por los eventos extremos.

En tercer lugar, como resultado de la política agrícola heredada desde la década de los noventa donde se busca la reorientación productiva, en Michoacán parece que la prioridad son los frutales, ya que en los municipios donde éstos son producidos se observan mejores capacidades que en los maiceros. Incluso se considera no rentable la construcción de infraestructura para prevenir las afectaciones por eventos climáticos en el maíz, a diferencia de otros cultivos, donde sí se realiza este tipo de inversión.

En cuarto lugar, según los resultados presentados en el capítulo IV, los rendimientos del maíz podrían caer entre 2015 y 2034 y esa caída se podría acentuarse en años de El Niño. Por lo

tanto, la expectativa de la capacidad adaptativa apenas si sugiere una leve mejora respecto de las condiciones actuales, por lo cual se puede esperar que la vulnerabilidad de la agricultura de maíz en Michoacán sea mayor en el futuro cercano. Estos resultados urgen a la construcción de capacidad adaptativa, especialmente capital social como detonante de los otros capitales, de ello depende que el CC sea o no una amenaza para el sector en el estado.

#### 5.2.6. El contexto del estado de Michoacán, la violencia como limitante de la capacidad adaptativa

Si bien no es objetivo de esta tesis abordar el tema de la inseguridad ocasionada por la delincuencia organizada y el narcotráfico, los eventos de los últimos años en el estado obligan a considerar estas características en el análisis de cualquier sector productivo michoacano, en este caso, la agricultura de maíz.

El ambiente de inseguridad que rodea al estado ya afecta al sector agrícola. Las extorsiones a productores tienen efectos inflacionarios en los productos básicos y merman los ingresos y ganancias de los agricultores; si bien este caso ha sido más bien denunciado por los limoneros y aguacateros en el estado (los primeros incluso han sido víctimas de secuestros y asesinatos<sup>76</sup>), esta es una situación que no exime a los demás productores y habitantes de Michoacán.

El tema de la in-seguridad y la in-gobernabilidad deben resolverse para promover el bienestar de Michoacán, pero no es deseable descuidar los demás ámbitos, entre los que está el sector agrícola y el cultivo de maíz ante los efectos del CC (según el interés de esta investigación), por lo cual se insiste de nueva cuenta en el trabajo intersecretarial con la finalidad de afrontar los retos y prioridades del estado, pues ofrecer desarrollo y bienestar son medidas a largo plazo que también combaten la delincuencia y el crimen en el estado.

---

<sup>76</sup>Véase por ejemplo los reportajes de Semo, 2014 y Martínez, 2014

## CONCLUSIONES, DISCUSIÓN Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

El objetivo de esta tesis es evaluar de forma integral las repercusiones de la variabilidad y el cambio climático sobre la producción de maíz en Michoacán. Con esta finalidad se aborda la teoría de la vulnerabilidad, la cual explica que el perjuicio de un evento depende tanto de los impactos potenciales, como de la capacidad adaptativa ante el fenómeno.

En el caso de la variabilidad climática y sus efectos en los rendimientos del maíz, se observa que éstos muestran una tendencia creciente positiva en el periodo 1980-2011, aun cuando las condiciones climáticas no se ajustan a las más apropiadas para un alto potencial del cultivo (18°C-26°C y 400-700 mm). Para evaluar los impactos potenciales se construye un modelo multivariado en el que se relacionan los rendimientos del maíz según la disponibilidad de riego con las variables climáticas significativas al 95 por ciento, las que resultan ser temperatura máxima promedio y precipitación total en el periodo mayo-octubre, ambas con una relación positiva con los rendimientos y el índice del Niño para el trimestre diciembre-febrero con una relación inversa. Como resultado se obtiene que estas variables modulan alrededor del 39 por ciento de la variación de los rendimientos de riego en el periodo 1980-2008 y 34 por ciento en el caso del temporal. De forma adicional se consideran los siniestros agroclimáticos (especialmente sequía) reportados en el estado en el periodo 2003-2012, los cuales causaron pérdidas del alrededor del 27 por ciento de la producción total anual en ese periodo.

Como complemento a los impactos potenciales, se recurre a la apreciación de actores públicos con amplia experiencia en el sector y de agricultores de tres municipios de la principal región maicera del estado para reflejar su percepción respecto de los perjuicios originados por condiciones climáticas sobre el maíz; los resultados señalan una reducción en la duración del temporal, mayor incidencia de plagas y de siniestros agroclimáticos.

A partir de estas percepciones se explican las acciones adaptativas implementadas en el estado. Ante la reducción en la duración del temporal (observada tanto en los datos climáticos como en la percepción de los entrevistados), los agricultores responden retrasando las fechas de inicio de la siembra, pero conservando las de la cosecha, con lo cual el grano no alcanza a secar. Otra de las prácticas adaptativas implementadas, pero por iniciativa pública, es incrementar la infraestructura de riego, lo cual se atribuye a los siniestros agroclimáticos, durante los cuales la superficie de temporal resulta más afectada. Finalmente se recurre a los plaguicidas para evitar o reducir los brotes de plagas, algunos de ellos asociados a eventos climáticos, lo que implica mayor gasto para los productores.

La capacidad adaptativa ante la variabilidad climática se evalúa considerando los tipos de capital propuestos por Nelson et al (2010). El capital humano es muy bajo, lo cual se debe a la escolaridad de los productores y a la capacitación en temas agrícolas; en Michoacán solo 66 por ciento de los agricultores tiene algún grado de escolaridad y únicamente 5 por ciento alcanza un nivel por arriba del básico; en cuanto a la capacitación, ésta refleja la política agrícola que busca beneficiar a la agricultura comercial, por lo que los beneficiarios resultan ser unos cuantos, lo que contribuye a acentuar las divergencias entre grandes y pequeños productores.

El capital social se identifica como la principal limitante de la capacidad adaptativa, ya que la falta de cohesión social y los esquemas de desconfianza entre ejidos, al interior de los mismos y con respecto a los actores públicos generan deficiencias en otros tipos de capitales. El capital financiero sobresale por ser bajo, pues la principal fuente de financiamiento son los programas públicos a través del Procampo (ahora Proagro) y en menor medida de los seguros catastróficos, en tanto los recursos por ahorro de los productores, créditos y seguros agroclimáticos tradicionales son pocos. La principal limitante financiera del sector resulta la concepción de la producción de maíz como cultivo de baja rentabilidad, la cual lo deja al margen de proyectos donde se construya capacidad adaptativa, cosa que sí sucede con los cultivos frutales y perennes.

Por su parte el capital físico también es afectado por el bajo capital social; en este caso la poca cohesión social genera que de la mayoría de los agricultores que no posee maquinaria agrícola tenga que rentarlos, pues menos del 0.5 por ciento la consigue prestada o al ser parte de un

grupo. Si bien existen algunos programas públicos con la finalidad de incrementar la disponibilidad de maquinaria, la principal apuesta es incrementar la superficie de riego como resultado del alto capital natural para uso agrícola de que dispone el estado: por un lado la superficie con problemas de erosión o ensalitrada son pocas y por otro lado, el uso agrícola concentra la gran mayoría de las concesiones de agua. Sin embargo las buenas condiciones naturales, podrían disminuir en el futuro cercano (2015-2039) a partir de las proyecciones de CC, las cuales apuntan a un incremento en la temperatura (entre 1.1°C y 1.4°C) y a la disminución de la precipitación (entre 110 y 150 mm/año), ésta última generando que la proyección de la disponibilidad per cápita del recursos hídrico caiga entre 0.5 y 4.3 por ciento para el 2030, situación que cuestiona si los incrementos de la infraestructura de riego efectivamente podrían contribuir a la capacidad adaptativa futura.

Para las perspectivas futuras, se parte de las proyecciones de la variación en los rendimientos agrícolas para evaluar los impactos potenciales futuros. Para ello se retoman las variables más relevantes de la variabilidad climática y se desarrollan nuevos modelos, esta vez sin considerar el índice de El Niño, ya que no se tienen proyecciones anuales de este índice para el periodo futuro analizado. Estos modelos se aplicaron a las proyecciones de bajas y altas emisiones para estimar los posibles cambios anuales de los rendimientos del maíz en el periodo 2015-2039. Como resultado se proyecta una caída importante en el rendimiento desde 2015 y hasta 2030-2034, a partir de cuándo se podría presentar una recuperación a los niveles del año 2000. Sin embargo puede esperarse que en los años en los que se presente el fenómeno de El Niño, bajen los rendimientos, dada la relación inversa observada en el presente y que no fue posible incluir en las proyecciones a futuro.

A la par de los impactos potenciales, a partir de la tendencia observada en cuanto a la capacidad adaptativa, se evalúan las perspectivas a futuro, las cuales apuntan al mejoramiento de los capitales humano y físico (gracias al avance en el nivel educativo del estado y por ende del sector y por los programas que buscan incrementar la disponibilidad de maquinaria agrícola) y a la disminución del capital natural (agua para riego); en cuanto al capital financiero y social, no se aprecian tendencias positivas, pero tampoco se observaron condiciones que sugieran una reducción futura. Es importante reconocer que la capacidad adaptativa es una cualidad endógena, en decir, la población la puede controlar (hasta cierto

punto), ya que se construye por las decisiones de inversión pública y privada y por el enfoque de la política agraria.

En general, para el futuro cercano se espera un muy leve incremento de la capacidad adaptativa, sin embargo, se considera que éste resulta insuficiente para responder a las proyecciones de la caída en los rendimientos de 2015 a 2030; con base en ello se identifica a la construcción de cohesión social como principal necesidad de adaptación para el futuro cercano al actuar como impulsor de los demás capitales del sector en Michoacán. Así mismo se deben garantizar las mejoras en el capital humano y físico e implementar programas para revertir la tendencia negativa esperada en el capital natural y disminuir las divergencias entre agricultores. Finalmente es importante cambiar la concepción del maíz como cultivo de baja rentabilidad; es relevante reconocer a este grano por su papel en la soberanía alimentaria en México y debe reflejarse no solo en la gran cantidad de recursos empleados en remediación de los impactos por siniestros agroclimáticos, sino debe ser incentivo para implementar proyectos de prevención como los que ya se proponen en el caso de los cultivos perennes y frutales.

## Discusión

Los resultados de esta investigación encuentran coincidencias y discrepancias respecto a los hallazgos de estudios previos realizados en México. Las principales concordancias son cuatro: la primera se refiere al efecto negativo que el fenómeno de El Niño ejerce sobre los rendimientos agrícolas en México. La segunda alude a la disminución de la superficie agrícola que observa las condiciones climáticas apropiadas para el alto potencial del cultivo de maíz (Ruiz *et al*, 2000 y Monterroso *et al*, 2012); en el caso de Michoacán los escenarios de CC sugieren que únicamente la región nororiente alberga dichas características, lo cual sugiere que esta zona podría ser prioritaria en el fortalecimiento de la capacidad adaptativa del sector, no solo a nivel estado, sino incluso a nivel federal.

La tercer afinidad es la expectativa de una posible caída en los rendimientos agrícolas a causa de las proyecciones de aumentos en la temperatura y reducción de la precipitación por el CC (por ejemplo Flores *et al.*, 2012 y Conde *et al*, 1999 -exceptuando zonas altas), al menos en el

periodo 2015-2030 (2034). A partir de esos años y hacia 2039 se proyecta una recuperación en la productividad hasta alcanzar niveles próximos a los observados a finales de los noventa, resultado que coincide con Conde *et al* (1999) en el caso de las zonas altas en México y con algunos estudios para otras regiones del mundo como Panamá (Ruane *et al.*, 2011) y Europa (Holzkämper *et al.*, 2012 y Supit *et al.*, 2012), resultados atribuidos al incremento en la temperatura.

La cuarta coincidencia es en cuanto a capacidad adaptativa, donde ésta se aprecia como resultado de la influencia de la política agrícola, ya que los capitales desfavorecen a los productores de maíz y acentúan las divergencias respecto de los grandes productores (por ejemplo Eakin, 2005 y Fox y Haight, 2010).

La principal discrepancia respecto a otros estudios (especialmente Galindo, 2009) se refiere a la contribución del riego a la capacidad adaptativa, especialmente considerando la reducción de la disponibilidad de agua en Michoacán hacia 2030, ya que si bien algunos autores (Ruiz *et al.*, 2000 y Gay *et al.*, 2006) apuntan a una contracción en la demanda hídrica con esta finalidad, la actual apuesta gubernamental de aumentar la infraestructura de riego en el estado sugiere lo contrario.

En cuanto a las aportaciones de esta investigación, sobresale la inclusión de la percepción de los agricultores y de servidores públicos del sector, tanto en el caso de los impactos potenciales, como en la capacidad adaptativa. Este acercamiento con los principales actores permite que, en el caso de la variabilidad climática, no solo se identifique una ligera tendencia decreciente en los niveles de precipitación, sino además se observan cambios en la duración e intensidad del temporal, lo que repercute en el inicio de la siembra.

En el caso de la capacidad adaptativa, la interacción con productores y actores públicos identifica las prácticas adaptativas que se llevan a cabo, especialmente ante siniestros agroclimáticos; además se encuentra que la capacidad adaptativa no solo abarca a los cinco tipos de capital que la conforman, sino que es resultado de la interacción entre ellos, ya que las características del capital social pueden afectar los niveles de los otros tipos de capitales.

Esta investigación contribuye a los estudios de CC en México subrayando la importancia de considerar los impactos potenciales a la par de la capacidad adaptativa para determinar el

grado de vulnerabilidad que en este caso, tiene el sector agrícola del maíz según las proyecciones para el futuro cercano 2015-2039 y propone recomendaciones enfocadas en las principales carencias identificadas para eficientar el proceso de adaptación.

## Recomendaciones

Si bien la presente investigación considera relevantes los impactos potenciales del CC en la agricultura de maíz en Michoacán y la identificación de las necesidades del sector para afrontar tales retos, los resultados plantean importantes retos para la academia y los tomadores de decisiones:

- Es importante realizar un análisis similar a nivel regional e incluso municipal, de forma que los impactos potenciales y la capacidad adaptativa sean evaluadas en el ámbito local.
- Es importante considerar en qué zonas de Michoacán (nororiente) se observan las condiciones adecuadas para el cultivo de maíz según los escenarios de CC, ya que las inversiones en capacidad adaptativa pueden resultar más eficientes en estas regiones, que en aquellas cuyas condiciones resultan desfavorables para esta actividad (especialmente en la costa y en Tierra Caliente).
- Es necesario promover el estudio del comportamiento de El Niño y los eventos extremos ante el CC debido a la incidencia negativa sobre los rendimientos del maíz en Michoacán y que lamentablemente no fue posible incluir en las proyecciones para el futuro cercano y que podrían ocasionar caídas más agudas en los rendimientos o una recuperación más lenta.
- Es relevante investigar cómo la variabilidad climática afecta los periodos de crecimiento de las plantas de maíz, de forma que se identifiquen las adecuaciones apropiadas a los tiempos de siembra y cosecha.
- La influencia de la variabilidad y el CC en las plagas ha sido poco estudiada, por lo que resulta relevante promover su investigación para establecer medidas adaptativas que ayuden a combatir sus impactos.

- Ante la disminución de la disponibilidad de agua es de suma importancia promover el uso de aguas tratadas con fines de riego, lo anterior garantizando una suficiente calidad y un constante monitoreo.
- Es necesario entender cómo cada uno de los componentes de la capacidad adaptativa se relaciona con los demás, de esa forma se puede determinar en qué capitales se puede invertir para promover la adaptación en el estado de forma más eficiente.

De forma adicional, es imperativo controlar la situación de inseguridad que vive el estado para garantizar el bienestar de la población, proteger a los productores e incentivar las inversiones necesarias para construir capacidad adaptativa en el sector agrícola.

En complemento a los estudios de impacto y capacidad adaptativa, como la presente investigación, es menester evaluar los costos de la adaptación y de la no-acción. Si bien se están iniciando esfuerzos para determinar el costo de las políticas referentes al CC, el énfasis sigue siendo hacia la mitigación, pero aún queda mucho que hacer en cuanto a la adaptación, lo cual abre la puerta a futuras investigaciones en materia de la economía del CC.

## BIBLIOGRAFÍA

- Agroasemex, 2014, *Agroasemex. Administración de riesgos*, disponible en <http://www.agroasemex.gob.mx/index.php/es/quehacemos/administracionriesgos>, consultado el 05 de marzo de 2014.
- Appendini, Kirsten, Raúl García Barros y Beatriz de la Tejeda, 2003, “Seguridad alimentaria y ‘calidad’ de los alimentos: ¿una estrategia campesina?”, *Revista europea de estudios latinoamericanos y del Caribe*, vol. 75.
- Appendini, Kirsten, 2014, “Reconstructing the maize market in rural Mexico”, *Journal of agrarian change*, vol. 14, núm 1.
- Cadena, 2014, *Esquemas de aseguramiento. Seguro centralizado-agrícola paramétrico*, disponible en [http://pacc.sagarpa.gob.mx/sac/aspectos/esquema\\_param.htm](http://pacc.sagarpa.gob.mx/sac/aspectos/esquema_param.htm), consultado el 10 de abril de 2014
- Cavazos, Tereza y Stefan Hastenrath, 1990, *Convection and rainfall over Mexico and their modulation by the southern oscillation*, *International journal of climatology*, vol.10
- Cavazos, Tereza, T., J. A. Salinas, Benjamín Martínez, G. Colorado, P. de Grau, R. Prieto González, Ana Cecilia Conde Álvarez, Arturo Quintanar Isaías, J. S. Santana Sepúlveda, Rosario de Lourdes Romero Centeno, M. E. Maya Magaña, J. G. Rosario de La Cruz, Ma. del R. Ayala Enríquez, H. Carrillo Tlazazanatza, 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*, con resultados disponibles en: <http://escenarios.inecc.gob.mx/index2.html>, diversas fechas de consulta.
- CFE, 2014, *Tarifas para el suministro y venta de energía eléctrica (2013 - 2014)*, disponible en [http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/tarifas\\_negocio.asp](http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/tarifas_negocio.asp), consultado el 14 de abril de 2014
- CIMMYT, 2013, *Etapas de crecimiento del maíz*, disponible en <http://maizedoctor.cimmyt.org/index.php/es/empezando/9?task=view>, consultado el 23 de marzo de 2013.
- Conagua, 2010, *Estadísticas agrícolas de los distritos de riego 2009-2010*, disponible en <ftp://ftp.conagua.gob.mx/SISI1610100092412/Estadisticas%20de%20los%20Distritos%20de%20Riego/2009-2010/Estad%EDsticas%20Agr%EDcolas%20DR%202009-2010.pdf>, diversas fechas de consulta
- Conagua, 2011, *Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación*, disponible en <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGAPDS-INVENTRIO%202011%20FINAL.pdf>, diversas fechas de consulta.

- Conagua, 2012, *Atlas digital del agua México 2012. Sistema Nacional de Información del Agua*, disponible en [http://www.conagua.gob.mx/atlas/mapa/08/index\\_svg.html](http://www.conagua.gob.mx/atlas/mapa/08/index_svg.html), consultado el 14 de abril de 2014
- Conagua, 2013, *Estadísticas del agua en México*. Edición 2012, Semarnat, disponible en <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/EAM2013.pdf>, diversas fechas de consulta
- Conagua, 2013a, *Atlas del agua en México 2012*, Semarnat, disponible en <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/SGP-36-12.pdf>, diversas fechas de consulta
- Conagua, 2014, *Estado de Michoacán. Títulos y volúmenes de aguas nacionales y bienes inherentes por uso de agua*, disponible en <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/mch.pdf>, consultado el 14 de abril de 2014
- Conagua, 2014a, *Proyección de la disponibilidad natural media per cápita en el año 2030*, disponible en [http://www.conagua.gob.mx/atlas/mapa/13/index\\_svg.html](http://www.conagua.gob.mx/atlas/mapa/13/index_svg.html), diversas fechas de consulta
- Conapo, 2012, *Índice de marginación por entidad federativa y por municipio 2010*, disponible en [http://conapo.gob.mx/es/CONAPO/Indices\\_de\\_Marginacion\\_2010\\_por\\_entidad\\_federativa\\_y\\_municipio](http://conapo.gob.mx/es/CONAPO/Indices_de_Marginacion_2010_por_entidad_federativa_y_municipio), diversas fechas de consulta.
- Conde, Cecilia, Rosa María Ferrer y Diana Liverman, 1999, “Estudio de la vulnerabilidad de maíz de temporal mediante el modelo ceres-maize” en Gay Carlos (comp.), *México: una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México*, México, Instituto Nacional de Ecología, Centro de Ciencias de la Atmosfera, UNAM.
- Conde, Cecilia, Rosa María Ferrer, Raquel Araujo, Carlos Gay, Víctor Magaña, José Luis Pérez, Tomás Morales y Saturnino Orozco, 2004, “El Niño y la agricultura”, en Magaña Rueda Víctor (Editor), *Los impactos del niño en México*, Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México, Secretaría de Gobernación
- CPC, 2014, *What is El Niño?*, disponible en [http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ensofaq.shtml#general](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensofaq.shtml#general), diversas fechas de consulta.
- Cutter, Susan, Lindsey Barnes, Melissa Berry, Christopher Burton, Elijah Evans, Eric Tate y Jennifer Webb, 2008, *A place-based model for understanding community resilience to natural disasters*, Estados Unidos, Elsevier, Global Environmental Change.
- De Freitas Dewes, Candida, 2013, [Tesis] *Understanding climate impacts on Mexican rainfed maize. A dissertation submitted in partial satisfaction of the requirements for the degree*, University of California Santa Monica.
- Eakin, Hallie, 2000, “Smallholder maize production and climatic risk: a case study from Mexico”, en *Climatic Change*, vol.45, pp 19-36.

- Eakin, Hallie y Kirsten Appendini, 2008, *Livelihood change, farming, and managing flood risk in the Lerma Valley, Mexico*, *Agric Hum Values* vol. 25, pp 555–566
- Eakin, Hallie, 2005, *Institutional change, climate risk, and rural vulnerability: Cases from Central Mexico*, *World Development* vol. 33 núm 11.
- Eakin, Hallie, Julia C: Bausch y Stuart Swenney, 2014, “Agrarian winners of neoliberal reform: the maize ‘boom’ of Sinaloa”, Mexico, *Journal of agrarian change*, vol. 14, núm 1.
- Eakin, Hallie, Hugo Perales, Kirsten Appendini y Stuart Sweeney, 2014a, “Selling Maize in Mexico: The Persistence of Peasant Farming in an Era of Global Markets”, *Development and Change*, vol. 45, núm. 1, International Institute of Social Studies.
- Ellis, Frank, 2000, *Rural Livelihoods and Diversity in Developing Countries*, Oxford, Oxford University Press.
- FAO, 2008, *Conferencia de alto nivel sobre la seguridad alimentaria global: los desafíos del cambio climático y la bioenergía. Aumento de los precios de los alimentos: hechos, perspectivas, impacto y acciones requeridas*, Roma, Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO, 2011, *The state of the world's land and water resources for food and agriculture (SOLAW) - Managing systems at risk*, Rome and Earthscan, London, Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO, 2014, *Contries by commodity*, disponible en <http://faostat.fao.org/site/342/default.aspx>, consultado el 25 de marzo de 2014.
- Financiera Rural, 2012, *Programas y productos de crédito*, disponible en [http://www.financierarural.gob.mx/Prog\\_prod\\_cred/Paginas/ProgramasyProductosCrediticios.aspx](http://www.financierarural.gob.mx/Prog_prod_cred/Paginas/ProgramasyProductosCrediticios.aspx), consultado el 21 de febrero de 2014.
- Financiera Rural, 2014, *Historia de Financiera Rural*, disponible en <http://www.financierarural.gob.mx/fr/Paginas/Historia.aspx>, consultado el 05 de marzo de 2014.
- Flores Campaña, Luis Miguel, Juan Francisco Arzola González, Milagros Ramírez Soto y Amador Osorio Pérez, 2012, *Repercusiones del cambio climático global en el estado de Sinaloa*, México, Colombia, *Revista colombiana de Geografía*, vol. 21, núm. 1, pp.115-129.
- Fox Jonathan y Libby Haight, 2010, “La política agrícola mexicana: metas múltiples e intereses en conflicto”, en Fox Jonathan y Libby Haight (coord.), *Subsidios para la desigualdad. Las políticas públicas del maíz en México a partir del libre comercio*, Woodrow Wilson International Center for Scholars, Centro de Investigación y Docencia Económicas, University of California, Santa Cruz
- Fox Quesada, Vicente, 2002, “Ley Orgánica de la Financiera Nacional de Desarrollo Agropecuario, Rural, Forestal y Pesquero (Antes “Ley Orgánica de la Financiera Rural””, *Diario Oficial de la Federación*, 26 de diciembre de 2002

- Galindo, Luis Miguel, 2009, *La economía del cambio climático en México*, México, Gobierno Federal, SHCP, SEMARNAT.
- Gay, Carlos, Cecilia Conde, Hallie Eakin y Lourdes Villers, 2006, *Potential impacts of climate change on agriculture: a case of study of coffee production in Veracruz, Mexico*, México, Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM.
- Gómez, Manuel y Rita Schwentesius, 2003, *Impacto del TLCAN en el sector agroalimentario: Evaluación a 10 años*, CIESTAAM, Universidad Autónoma de Chapingo, disponible en [http://rimalc.org.mx/documentos/impacto\\_agro.pdf](http://rimalc.org.mx/documentos/impacto_agro.pdf), diversas fechas de consulta.
- Hertel, Thomas W. y Stephanie D. Rosch, 2010, *Climate change, agriculture, and poverty*, Oxford, Oxford University Press.
- Holzämper, Annelie, Pierluigi Calanca y Jeffrey Fuhrer, 2012, *Identifying climatic limitations to grain maize yield potentials using a suitability evaluation approach*, Estados Unidos, Elsevier, Agricultural and forest meteorology.
- Inegi, 2011, *Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007*, disponible en <http://www.inegi.org.mx/sistemas/TabuladosBasicos/Default.aspx?c=17177&s=est>, diversas fechas de consulta.
- Inegi, 2012, *Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca. Consumo aparente de los principales productos agropecuarios*, disponible en <http://www.inegi.org.mx/sistemas/sisept/default.aspx?t=saga05&c=24855&s=est>, consultado el 14 de marzo de 2012.
- Inegi, 2013, *Anuario estadístico de Michoacán 1994-2012*, disponible en <http://www.inegi.org.mx/sistemas/productos/default.aspx?c=265&s=inegi&upc=702825046057&pf=Prod&ef=&f=2&cl=0&tg=13&pg=0>, diversas fechas de consulta.
- Inegi, 2013a, *Censo agrícola, ganadero y forestal 2007. Presentación*, disponible en [http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/agro/ca2007/resultados\\_agricola/presentacion.aspx?p=21](http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/agro/ca2007/resultados_agricola/presentacion.aspx?p=21), diversas fechas de consulta.
- Inegi, 2014, *Censo Ejidal 2007. Tabulados-descarga*, disponible en <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/tabuladosbasicos/default.aspx?c=15687&s=est>, diversas fechas de consulta.
- Inegi, 2014a, *PIB-Entidad Federativa, anual*, disponible en <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/cn/pibe/>, consultado el 04 de marzo de 2014.
- Inegi, 2014b, *Estadística básica sobre medio ambiente. Datos de Michoacán de Ocampo*, disponible en <http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/boletines/boletin/Comunicados/Especiales/2013/Abril/comunica18.pdf>, diversas fechas de consulta.
- INIFAP, 2008, *Requerimientos agroecológicos del maíz (Zea mays L.) ciclo primavera-verano bajo condiciones de temporal en México*, disponible en <http://www.agromapas.inifap.gob.mx/potencialproductivo/requerimientos/requerimientoim aiztemporal.html>, consultado el 09 de diciembre de 2013.

- INIFAP, 2011, *Requerimientos agroecológicos de cultivos*, SAGARPA
- IPCC, 2007, *Cambio climático 2007. Informe de síntesis*, Suecia, OMM, PNUMA.
- IPCC, 2011, *Managing the risk of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. Special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, WMO, UNEP.
- IPCC, 2013, *Cambio climático 2013. Bases físicas. Resumen para responsables de políticas*, disponible en [https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/docs/WG1AR5\\_SPM\\_brochure\\_es.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/docs/WG1AR5_SPM_brochure_es.pdf), diversas fechas de consulta
- Lobell, David, J. Ivan Ortiz-Monasterio, Gregory P. Asner, Pamela A. Matson, Rosamond L. Naylor y Walter P. Falcon, 2005, *Analysis of wheat yield and climatic trends in Mexico*, Field Crops Research, vol. 94, pp 250-256.
- Lobell, David, y Christopher B Field, 2007, *Global scale climate-crop yield relationships and the impacts of recent warming*, Environmental Research Letters, vol. 2, 7pp.
- Martinez y Martinez, Enrique, 2013, “Acuerdo por el que se modifican, adicionan y derogan diversas disposiciones de las Reglas de Operación del Programa de Apoyos Directos al Campo, denominado PROCAMPO Productivo”, *Diario Oficial de la Federación*, 11 de junio de 2013.
- Martinez y Martinez, Enrique, 2013, “Acuerdo por el que se dan a conocer las Reglas de Operación del Programa de Fomento a la Agricultura de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación”, *Diario Oficial de la Federación*, 18 de diciembre de 2013.
- Martínez Brooks, Darío, 2014, “Las cosechas en Michoacán crecieron pese a la ‘plaga’ de las extorsiones”, CNN; disponible en <http://mexico.cnn.com/nacional/2014/02/26/las-cosechas-en-michoacan-crecieron-pese-a-la-plaga-de-las-extorsiones>, consultado el 19 de mayo de 2014.
- Monterroso, Alejandro, Cecilia Conde, Carlos Gay García, Jesús Gómez y José López, 2012, *Indicadores de vulnerabilidad y cambio climático en la agricultura de México*, UNAM.
- Nelson, Gerald, Mark W. Rosegrant, Jawoo Koo, Richard Robertson, Timothy Sulser, Tingju Zhu, Claudia Ringler, Siwa Msangi, Amanda Palazzo, Miroslav Batka, Marilia Magalhaes, Rowena Valmonte-Santos, Mandy Ewing y David Lee, 2009, *Cambio Climático. El impacto en la agricultura y los costos de adaptación*, Washington, IFPRI.
- Nelson Rohan, Philip Kokic, Steve Crimp, Peter Martin, Holger Meinke, Mark Howden, Peter de Voil, Uday Nidumolu, 2010, *The vulnerability of Australian rural communities to climate variability and change: Part II – Integrating impacts with adaptive capacity*, Environmental Science and Policy.
- NOAA, 2014, *What is an El Niño?*, disponible en <http://www.pmel.noaa.gov/tao/elnino/el-nino-story.html>, diversas fechas de consulta.

- NOAA, 2014a, *Equatorial Pacific Sea Surface Temperatures*, disponible en <https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/enso/indicators/sst.php>, consultado el 26 de marzo de 2014.
- Ojeda Bustamante, Waldo, Ernesto Sifuentes Ibarra, Mauro Íñiguez Covarrubias y Martín Montero Martínez, 2010, *Impacto del cambio climático en el desarrollo y requerimientos hídricos de los cultivos*, México, IMTA.
- ONU, 1992, *Convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático*, Rio de Janeiro, Naciones Unidas.
- Pavia Lopez, Edgar Gerardo, Federico Graef Ziehl y Jorge Reyes Rodriguez De La Gala, 2006, *PDO-ENSO effects in the climate of Mexico*, Journal of Climate, vol. 19, núm 24, pp 6433-6438.
- PNUD, 2007, *Informe sobre desarrollo humano Michoacán 2007*, disponible en [http://www.undp.org.mx/IMG/pdf/IDH\\_MICHOACAN\\_2007\\_version\\_final.pdf](http://www.undp.org.mx/IMG/pdf/IDH_MICHOACAN_2007_version_final.pdf), diversas fechas de consulta
- Rodríguez Gómez, Gregorio, Javier Gil Flores y Eduardo García Jiménez, 1999, *Metodología de la investigación cualitativa*, Ediciones Aljibe, Málaga.
- Ruane, Alex, DeWayne Cecil, Radley Horton, Román Gordón, Raymond McCollum, Douglas Brown, Brian Killough, Richard Goldberg, Adam P. Greeley y Cynthia Rosenzweig, 2011, *Climate change impact uncertainties for maize in Panama: Farm information, climate projections, and yield sensitivities*, Estados Unidos, Elsevier, Agricultural and forest meteorology.
- Ruiz Corral, José Ariel, José Luis Ramírez Díaz, Francisco Javier Flores Mendoza y José de Jesús Sánchez González, 2000, *Climatic change and effects on potencial áreas for maize in Jalisco, Mexico*, México, Revista Fitotecnia Mexicana vol. 23, núm 2, pp.183-193.
- Sagarpa, 2009, *Monitor agroeconómico 2009 del estado de Michoacán*, disponible en <<http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Estadisticas/Documents/MICHOACAN.pdf>> diversas fechas de consulta.
- Sagarpa, 2014, *PROAGRO Productivo*, disponible en <http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/Programas/proagro/Paginas/default.aspx>, consultado el 05 de marzo de 2014.
- Sagarpa, 2014a, *Desarrollo de capacidades y extensionismo rural*, disponible en <http://sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/DesCap/Paginas/default.aspx>, consultado el 18 de marzo de 2014.
- Sagarpa, 2014b, *Procedimiento general operativo del componente Proagro Productivo. Aplicable a partir de los ciclos agrícolas otoño-invierno 2013/2014, primavera-verano 2014 y subsecuentes*, disponible en [http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/Programas/proagro/Normatividad/Documents/2014/PROCEDIMIENTO\\_GENERAL\\_OPERATIVO\\_PROAGRO\\_PRODUCTIVO\\_24FEBRERO2014.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/Programas/proagro/Normatividad/Documents/2014/PROCEDIMIENTO_GENERAL_OPERATIVO_PROAGRO_PRODUCTIVO_24FEBRERO2014.pdf), consultado el 22 de abril de 2014

- Salinas de Gortari, Carlos, 1991, “Decreto por el que se crea Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria (ASERCA)”, *Diario Oficial de la Federación*, 16 de abril de 1991.
- Salinas de Gortari, Carlos, 1992, “Decreto por el que se reforma el artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”, *Diario Oficial de la Federación*, 06 de enero de 1992.
- Salinas de Gortari, Carlos, 1994, “Decreto que regula el programa de apoyos directos al campo denominado PROCAMPO”, *Diario Oficial de la Federación*, 25 de julio de 1992.
- Santoyo, Salvador, 1977, “La política de precio de garantía. Antecedentes, situación actual y perspectivas”, en *Demografía y economía*, vol. XI, núm. 1.
- Semo, Ilán, 2014, “El misterioso precio del limón”, *La Jornada*, disponible en <http://www.jornada.unam.mx/2013/07/20/opinion/017a2pol>, consultado el 19 de mayo de 2014.
- SIAP, 2012, *Situación actual y perspectivas del maíz en México 1996-2012*, SAGARPA.
- Stern, Nicholas, 2006, *Stern review: The economics of climate change*, UK, HM Treasury en <[http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/+http://www.hm-treasury.gov.uk/stern\\_review\\_index.htm](http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/+http://www.hm-treasury.gov.uk/stern_review_index.htm)>, diversas fechas de consulta.
- Supit, Iwan, Kees Van Diepen, Allard de Wit, Joost Wolf, Pavel Kabat, Bettina Baruth y Fulco Ludwing, 2012, *Assessing climate change effects on european crop yields using the crop growth monitoring system and a weather generator*, Estados Unidos, Elsevier, Agricultural and Forest Meteorology.
- Vela Treviño, Oscar Ernesto, 2013, “Acuerdo por el que la Secretaría de Hacienda y Crédito Público emite las reglas de operación del Programa de Seguro para Contingencias Climatológicas”, *Diario Oficial de la Federación*, 24 de diciembre de 2013.
- Violic, Alejandro, 2001, *El maíz en los trópicos: mejoramiento y producción*, FAO.
- Yúnez Naude, Antonio y Fernando Barceinas Paredes, 2000, “Efectos de la desaparición de Conasupo en el comercio y en los precios de los cultivos básicos”, en *Estudios Económicos*, vol.15, núm. 002, El Colegio de México
- Yúnez Naude, Antonio y Fernando Barceinas Paredes, 2004, "El TLCAN y la agricultura mexicana", en *Diez años del TLCAN en México*, Enrique Casares y Horacio Sobarzo (Compiladores), Fondo de Cultura Económica.
- Yúnez Naude, Antonio, Fernando Barceinas Paredes y Gabriela Soto Ruiz, 2004, “El Campo Mexicano en los albores del siglo XXI”, en *El Nuevo Milenio Mexicano, Tomo IV, Los Retos Sociales*, CONACYT, Fundación Ford, Fundación Hewlett, UC MEXUS.
- Yúnez Naude, Antonio, 2006, “Liberalización y reformas al agro: lecciones de México”, en *Economía agraria y recursos naturales*, vol.6, núm. 12, Asociación Española de Economía Agraria.

Yúnez Naude, Antonio, Anabel Martínez Guzmán y Manuel Alejandro Orrantia Bustos, 2007, *Elementos técnico-económicos para evaluar los fundamentos que tendría una controversia comercial en contra del maíz originario de los Estados Unidos de América*, PRECESAM, El Colegio de México, CEDRSSA.

Zarazúa Villaseñor, Patricia, José Ariel Ruiz Corral, Diego Raimundo González Eguiarte, Hugo Ernesto Flores López y José Ron Parra, 2001, *Impactos del cambio climático sobre la agroclimatología del maíz en Ciénega de Chapala Jalisco*, México, Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, núm. 2, pp. 351-363.

Zedillo Ponce de León, Ernesto, 1999, "Decreto por el que se ordena la extinción del organismo público descentralizado denominado CONASUPO", *Diario Oficial de la Federación*, 24 de mayo de 1999.

## ANEXOS

### Anexo I: Guión de entrevista a actores públicos

Buenos días (tardes), mi nombre es Ana Lilia Magaña estudiante de la Maestría en Administración Integral del Ambiente en El Colegio de la Frontera Norte de Baja California. La siguiente entrevista tiene como propósito obtener información sobre la capacidad adaptativa del sector agrícola del maíz en Michoacán ante los efectos de la variabilidad y el cambio climático, por lo cual agradezco su colaboración con su tiempo y su experiencia.

¿Estaría usted de acuerdo en que se grabe esta entrevista, con la seguridad de que no se publicará ésta ni los nombres de los entrevistados?

1. ¿Cuál es su experiencia trabajando con el sector agrícola michoacano?
2. En su experiencia, ¿cuáles son los eventos climáticos que más afectan la producción de maíz en Michoacán? ¿Por qué considera que esos eventos son los que más afectan?
3. En los últimos 10 años, ¿se han presentado emergencias por eventos climatológicos que afecten la producción de maíz en Michoacán?
4. ¿La frecuencia de eventos climatológicos que afectan la producción de maíz ha aumentado, ha disminuido o se ha mantenido? ¿A partir de cuándo ha notado ese cambio?
5. ¿Y la intensidad de estos eventos, ha disminuido o se ha mantenido? ¿A partir de cuándo ha cambiado la intensidad de dichos eventos?
6. Aproximadamente, ¿a cuánto ascienden anualmente las pérdidas económicas ocasionadas por eventos climatológicos que han afectado la producción de maíz en Michoacán?
7. ¿Recuerda algún año en particular donde las pérdidas fueron más significativas? ¿Qué evento ocasionó esas pérdidas?
8. ¿Cómo se determina que ante la ocurrencia de un evento climático, debe haber intervención gubernamental para apoyar a los agricultores?
9. ¿Qué tipos de apoyos se ofrecen ante los eventos climatológicos que afectan la producción de maíz?

10. ¿Bajo qué criterios se distribuyen los apoyos ante contingencias climatológicas?
11. ¿Cuál ha sido el presupuesto promedio anual ejercido para atender las emergencias por eventos climáticos que afectan la producción de maíz? ¿Cómo se determina ese monto?
12. ¿Se han gestionado apoyos adicionales al presupuesto para atender emergencias por eventos climáticos? ¿Por qué se gestionaron recursos adicionales? ¿Cuál ha sido el monto gestionado? ¿En qué se ha ejercido?
13. ¿Se han planteado proyectos para prevenir las afectaciones por eventos climatológicos sobre la producción de maíz? ¿En qué consisten estos proyectos?
14. En su experiencia, ¿qué acciones llevan a cabo los agricultores para prevenir y remediar las afectaciones ante eventos climatológicos?
15. En su experiencia, ¿los agricultores que pertenecen a grupos comunitarios o ejidos se apoyan para afrontar las afectaciones por el clima o actuar de forma individual?
16. ¿Existen acciones coordinadas con las demás secretarías y los tres niveles de gobierno para planear y atender cuestiones de cambio climático? ¿Cuáles y qué acciones se llevan a cabo?
17. En su opinión, ¿qué significa que la producción de maíz en Michoacán se adapte al cambio climático y que se necesita para lograr esa adaptación?
18. En su opinión, ¿cómo debe ser la participación del gobierno para promover que la producción de maíz en Michoacán se adapte al cambio climático?
19. En su opinión, ¿cree que actualmente los agricultores son capaces de adaptarse al cambio climático? ¿Por qué?

## Anexo II: Guión de entrevista a agricultores

Buenos días (tardes), mi nombre es Ana Lilia Magaña estudiante de la Maestría en Administración Integral del Ambiente en El Colegio de la Frontera Norte de Baja California. La siguiente entrevista tiene como propósito obtener información sobre la capacidad adaptativa del sector agrícola del maíz en Michoacán ante los efectos de la variabilidad y el cambio climático, por lo cual agradezco su colaboración con su tiempo y su experiencia.

¿Estaría usted de acuerdo en que se grabe esta entrevista, con la seguridad de que no se publicará ésta ni los nombres de los entrevistados?

1. ¿Hace cuántos años que es agricultor?
2. ¿Qué productos siembra y qué tan importante es el maíz en cuanto al volumen que cosecha y al dinero que obtiene por su producción?
3. ¿Qué medio usa para labrar la tierra?
4. ¿Esos (medios) son de su propiedad?
5. ¿Conoce alguna forma en la que los agricultores se apoyen para el uso de maquinaria para labrar la tierra?
6. En su opinión, ¿ha cambiado la calidad del suelo donde siembra? ¿Por qué?
7. ¿Cómo considera que será la calidad del suelo en el futuro?
8. ¿Usted utiliza riego para sus cultivos? ¿De dónde proviene el agua con la que riega?
9. ¿Cómo considera qué es la calidad del agua con que la riega?
10. ¿Usa algún(os) producto(s) para mejorar la calidad del suelo y/o del agua? ¿Cómo los obtiene?
11. ¿Tiene otras fuentes de ingreso además de su trabajo como agricultor? ¿Cuáles?
12. ¿Aproximadamente cuánto de sus ingresos los utiliza para la producción agrícola?
13. ¿Usted pertenece a alguna asociación, ejido o comunidad agrícola? ¿Desde cuándo?
14. ¿Qué tipo de apoyos tiene esta organización?
15. ¿Ha recibido algún tipo de apoyo de su organización para afrontar los daños y pérdidas por condiciones climáticas?

16. ¿Alguna vez ha tenido gastos extras a causa de las condiciones climáticas? ¿En que consistieron los gastos?
17. ¿Alguna vez se ha afectado su producción por cuestiones climáticas?
18. ¿Recibe algún tipo de apoyo de gobierno para la producción? ¿Qué tipo de apoyo?
19. ¿Alguna vez ha tenido apoyo por las condiciones climáticas?
20. ¿Cómo tuvo acceso a ese apoyo?
21. En su opinión, ¿qué tipo de apoyo necesita para que usted o su familia puedan seguir produciendo en los siguientes 15 años?
22. ¿Qué haría en caso de que las condiciones climáticas se presenten menos favorables para la producción de maíz en los siguientes 15 años?
23. En su opinión, ¿Qué acciones de gobierno son necesarias para proteger la producción agrícola en Michoacán ante los eventos climáticos?

La autora es Licenciada en Economía por la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Egresada de la Maestría en Administración Integral del Ambiente de El Colegio de la Frontera Norte

Correo electrónico: maga871030@gmail.com

© Todos los derechos reservados. Se autorizan la reproducción y difusión total y parcial por cualquier medio, indicando la fuente.

Forma de citar:

Magaña García, Ana Lilia, 2014, *Evaluación integral de los impactos de la variabilidad y el cambio climático en la agricultura de maíz en el estado de Michoacán*, Tesis de Maestría en Administración Integral del Ambiente, El Colegio de la Frontera Norte A.C., México, 157pp.