

MAESTRÍA EN DESARROLLO REGIONAL

**RIESGO Y VULNERABILIDAD DEL MAÍZ DE
TEMPORAL FRENTE A LA VARIABILIDAD
CLIMÁTICA EN LA REGIÓN ORIENTE-HUAMANTLA
DEL ESTADO DE TLAXCALA**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN DESARROLLO
REGIONAL

PRESENTA

JORGE LUIS CARMONA MARTÍNEZ

Director: Dr. Andrés María Ramírez

San Pablo Apetatitlán, Tlaxcala

Septiembre, 2025

La presente tesis titulada Riesgo y Vulnerabilidad del Maíz de Temporal Frente a la Variabilidad Climática en la Región Oriente-Huamantla del Estado de Tlaxcala realizada por Jorge Luis Carmona Martínez, ha sido aprobada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN DESARROLLO REGIONAL bajo supervisión del siguiente Comité Revisor:

Director Dr. Andrés María Ramírez

Revisor Dr. Ángel David Flores Domínguez

Revisora Dra. Maricela Hernández Vázquez

Revisor Dr. Pablo Ranchero Ventura

Agradecimientos

A El Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT-SECIHTI), por la beca otorgada que hizo posible la realización de mi maestría y contribuyó significativamente a mi formación académica y profesional.

A El Colegio de Tlaxcala A.C., por la oportunidad y el espacio brindado, permitiéndome explorar nuevas perspectivas y conocer un mundo diferente al mío, enriqueciendo así mi formación académica y personal.

Al Dr. Andrés María Ramírez, por su amistad, guía y orientación, así como por compartir su experiencia, cuyo apoyo fue fundamental para la conclusión de esta investigación.

A mis asesores, la Dra. Maricela Hernández Vázquez, por su apoyo incondicional desde mi etapa universitaria, y el Dr. Ángel David Flores Domínguez, por sus valiosas sugerencias y respaldo. A ambos les agradezco su disponibilidad y paciencia en las reuniones tutoriales, las cuales fueron clave para fortalecer y mejorar esta investigación. Asimismo, al Dr. Pablo Ranchero Ventura, por sus observaciones y aportaciones que enriquecieron el contenido final de este trabajo.

A mis compañeros y amigos Michs, Hugo, Xique y Armando, por su ayuda, consejos y motivación, que hicieron de estos dos años una experiencia no solo enriquecedora, sino también llena de alegría y gratos momentos. Su compañía fue un pilar fundamental en este camino.

A todas las personas que conocí y que, de distintas maneras, contribuyeron a la realización de esta investigación, y en especial a los compañeros campesinos, por su tiempo, disposición y valiosa información, cuyo conocimiento y experiencia fueron fundamentales para este trabajo. Su apoyo me ha dejado un gran aprendizaje y una profunda motivación para seguir trabajando en esta área.

Dedicatoria

A mi **Padre Celestial**, por su infinita ayuda y guía, porque sin Él nada de esto habría sido posible.

A mi padre, **Joel Carmona Carrasco**, quien, aunque ya no está físicamente con nosotros, sigue presente en mi corazón. Le dedico este trabajo con amor y gratitud, hasta dondequiera que se encuentre.

A mi madre, **Lorena Martínez Bautista**, por su apoyo incondicional en cada uno de mis proyectos y por estar siempre presente, brindándome su amor, amistad y fortaleza en cada paso de este camino.

Índice

Introducción.....	1
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1. Antecedentes	3
1.2. Construcción científica del problema de investigación	4
1.3. Preguntas de investigación	9
1.3.1. Pregunta General.....	9
1.3.2. Preguntas Específicas.	9
1.4. Objetivos de investigación	9
1.4.1. Objetivo General.....	9
1.4.2. Objetivos Específicos.....	10
1.5. Hipótesis de investigación.....	10
1.6. Justificación.....	10
II. MARCO CONTEXTUAL	14
2.1. Área de Estudio.....	14
2.1.1. Marco Físico	14
2.1.2. Condiciones Climáticas Generales	15
2.1.3. Tipos de Suelo	15
2.1.4. Características del Relieve	18
2.1.5. Producción Agrícola.....	19
2.1.6. Productores Agrícolas.....	22
2.2.1. Marco Referencial.....	23
2.2.1.1. Marco Político-Constitucional.	23
2.2.1.1.1. Ley Agraria.	23
2.2.1.1.2. Ley Agrícola para el Estado de Tlaxcala.	25
2.2.1.1.3. Ley General de Cambio Climático.....	26
2.2.1.1.4. Ley de Cambio Climático para el Estado de Tlaxcala.	28
2.2.1.2. Marco Legal Administrativo.	30
2.2.1.2.1. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.....	30
2.2.1.2.2. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural.	32
2.2.1.2.3. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.....	32
2.2.1.2.4. El Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.....	33

2.2.1.2.5. Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica.	33
III. MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL	36
3.1. Bases Conceptuales	36
3.1.1. Maíz	36
3.1.2. Variabilidad Climática en el Maíz	38
3.1.3. Eventos Climáticos Extremos	38
3.1.3.1. Heladas.	39
3.1.3.2. Sequías.	40
3.1.3.3. Lluvias Intensas.	40
3.1.4. Vulnerabilidad del Maíz.....	40
3.1.5. El Espacio Geográfico	42
3.1.6. La Región	43
3.2. La Agricultura-Campesina (Campesinado) como Teoría General	44
3.3. El Riesgo como Teoría Sustantiva	47
3.4. Riesgo en el Maíz de Temporal	49
3.5. Agenda 2030 y los Objetivos del Desarrollo Sustentable.....	52
IV. MARCO METODOLÓGICO.....	54
4.1. Tipo de Enfoque.....	54
4.2. Estrategia Metodológica.....	54
4.2.1. Técnicas Cuantitativas.....	54
4.2.2. Técnicas Cualitativas.	55
4.3. Tipo de Estudio	55
4.4. Tipo de Diseño	56
4.5. Técnicas de Recolección de Información.....	57
4.5.1. Base de Datos Agrícolas	57
4.5.2. Base de Datos Climáticas.....	57
4.5.3. Entrevista.....	59
4.5.4. Encuesta.....	60
4.6. Muestreo Dirigido o Intencional.....	60
4.7. Operacionalización de las Variables	62
4.8. Análisis y tratamiento de la Información.....	62
4.8.1. Definición de Softwares y Evaluación de Riesgo.....	63

4.9. Presentación de Resultados	66
4.9.1. Resultados en Gráficas.....	66
4.9.2. Resultados en Cuadros	66
4.9.3. Resultados de Cuadros	67
V. RESULTADOS	68
5.1. Comportamiento de la Producción de Temporal de la Región Oriente-Huamantla del Estado de Tlaxcala.....	68
5.1.1. Análisis de la Producción y Rendimiento del Maíz en Huamantla	69
5.1.2. Análisis de la Producción y Rendimiento del Maíz en Atltzayanca	71
5.1.3. Análisis de la Producción y Rendimiento del Maíz en Cuapiaxtla.....	73
5.1.4. Análisis de la Producción y Rendimiento del Maíz en Zitlaltepec	75
5.1.5. Análisis de la Producción y Rendimiento del Maíz en Terrenate	77
5.1.6. Análisis de la Producción y Rendimiento del Maíz en Xaloztoc.....	79
5.1.7. Análisis de la Producción y Rendimiento del Maíz en Tzompantepec ..	81
5.1.8. Análisis de la Producción y Rendimiento del Maíz en Ixtenco	83
5.1.9. Análisis de la Producción y Rendimiento del Maíz en San José Teacalco	85
5.1.10. Análisis de la Producción y Rendimiento del Maíz en El Carmen Tequexquitla	87
5.1.11. Análisis de la Producción y Rendimiento del maíz en Tocatlán	89
5.1.12. Análisis de la Producción y Rendimiento del maíz en Emiliano Zapata	91
5.1.13. Análisis de la Producción y Rendimiento del Maíz en Lázaro Cárdenas	93
5.1.14. Discusión del Análisis de los Resultados de la Producción del Maíz de la Región Oriente-Huamantla	95
5.2. Riesgos por Variabilidad Climática de la Región Oriente-Huamantla del Estado de Tlaxcala.....	97
5.2.1. Riesgos por Lluvia y Heladas en Huamantla	97
5.2.2. Riesgos por Lluvia y Heladas en Atltzayanca	100
5.2.3. Riesgos por Lluvia y Heladas en Cuapiaxtla.....	103
5.2.4. Riesgos por Lluvia y Heladas en Zitlaltepec	106
5.2.5. Riesgos por Lluvia y Heladas en Terrenate	109
5.2.6. Riesgos por Lluvia y Heladas en Xaloztoc.....	112

5.2.7. Riesgos por Lluvia y Heladas en Tzompantepec	115
5.2.8. Riesgos por Lluvia y Heladas en Ixtenco	118
5.2.9. Riesgos por Lluvia y Heladas en San José Teacalco	121
5.2.10. Riesgos por Lluvia y Heladas en El Carmen Tequexquitla	124
5.2.11. Riesgos por Lluvia y Heladas en Tocatlán	127
5.2.12. Riesgos por Lluvia y Heladas en Emiliano Zapata.....	130
5.2.13. Riesgos por Lluvia y Heladas en Lázaro Cárdenas	133
5.2.14. Discusión del Análisis de los Resultados de la Variabilidad Climática de la Región Oriente-Huamantla	136
5.3. Evaluación de Riesgo	141
5.3.1. Amenazas por Lluvia y Heladas en Huamantla	141
5.3.2. Amenazas por Lluvia y Heladas en Atltzayanca	146
5.3.3. Amenazas por Lluvia y Heladas en Cuapiaxtla.....	150
5.3.4. Amenazas por Lluvia y Heladas en Zitlaltepec	154
5.3.5. Amenazas por Lluvia y Heladas en Terrenate	158
5.3.6. Amenazas por Lluvia y Heladas en Xaloztoc	162
5.3.7. Amenazas por Lluvia y Heladas en Tzompantepec.....	166
5.3.8. Amenazas por Lluvia y Heladas en Ixtenco	170
5.3.9. Amenazas por Lluvia y Heladas en San José Teacalco	174
5.3.10. Amenazas por Lluvia y Heladas en El Carmen Tequexquitla	178
5.3.11. Amenazas por Lluvia y Heladas en Tocatlán	182
5.3.12. Amenazas por Lluvia y Heladas en Emiliano Zapata.....	186
5.3.13. Amenazas por Lluvia y Heladas en Lázaro Cárdenas	190
5.3.14. Discusión los Resultados del Grado de Vulnerabilidad del Maíz de Temporal de la Región Oriente-Huamantla	193
5.4. Análisis de los Cuestionarios Aplicados en la Región Oriente-Huamantla del Estado de Tlaxcala.....	196
5.4.1. Distribución Porcentual de los Productores Agrícolas Según Grupo de Edad	196
5.4.2. Distribución Porcentual del Nivel Académico de los Productores Agrícolas.....	197
5.4.3. Experiencia en Actividades Agrícolas	197
5.4.4. Superficie Sembrada	198
5.4.5. Distribución de los Gastos de Siembra	200

5.4.6. Principales Cultivos Sembrados	202
5.4.7. Forma de Agricultura Empleada	203
5.4.8. Rendimiento Obtenido del Maíz de Temporal.....	204
5.4.9. Rendimientos Obtenidos Años Anteriores	205
5.4.10. Factores Climáticos	208
5.4.11. impacto de las Sequías.....	209
5.4.12. Impacto de las Heladas	210
5.4.13. Impacto de las Lluvias Intensas	211
5.4.14. Cambio de Temperatura.....	212
5.4.15. Impacto del Clima en la Producción del Maíz	213
5.4.16. Apoyo Recibido.....	214
5.4.17. Conocimiento del Uso de Cañones Antigranizo.....	215
5.4.18. Tecnología Usada.....	216
5.4.19. Capacitaciones Recibidas.....	217
5.4.20. Impacto de las Plagas.....	218
5.4.21. Principales Plagas	219
5.4.22. Control de Plagas	220
5.4.23. Precepción Acerca del Futuro de la Agricultura.....	221
5.4.24. Discusión del Análisis de los Resultados de los Cuestionarios Aplicados de la Región Oriente-Huamantla	223
5.5. Análisis de la Percepción de los Campesinos de la Región Oriente- Huamantla del Estado de Tlaxcala.....	225
5.5.1. Ignacio Zaragoza Huamantla.....	225
5.5.2. Atltzayanca	227
5.5.3. San José Teacalco	229
5.5.4. Cuapiaxtla.....	230
5.5.5. Discusión del Análisis de los Resultados de la Entrevista en la Región Oriente-Huamantla	231
5.6. Discusión final: análisis del cruce entre vulnerabilidad regional y percepción campesina.....	233
CONCLUSIONES	237
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	241
Anexos	253

Índice de Cuadros

Cuadro 1. Descripción del maíz de temporal en el estado de Tlaxcala durante el periodo 2000-2023	7
Cuadro 2. Caracterización del relieve en la región Oriente-Huamantla.....	19
Ilustración 6. Esquema de los conceptos asociados al riesgo.....	50
Cuadro 3. Información de estaciones meteorológicas.....	58
Cuadro 4. Operacionalización de las variables	62
Cuadro 5. Matriz de riesgo	66
Cuadro 6. Descripción de la producción del maíz de temporal en el municipio de Huamantla.....	70
Cuadro 7. Descripción de la producción del maíz de temporal en el municipio de Atltzayanca.....	72
Cuadro 8. Descripción de la producción del maíz de temporal en el municipio de Cuapixtla	74
Cuadro 9. Descripción de la producción del maíz de temporal en el municipio de Zitlaltepec.....	76
Cuadro 10. Descripción de la producción del maíz de temporal en el municipio de Terrenate.....	78
Cuadro 11. Descripción de la producción del maíz de temporal en el municipio de Xaloztoc	80
Cuadro 12. Descripción de la producción del maíz de temporal en el municipio de Tzompantepec.....	82
Cuadro 13. Descripción de la producción del maíz de temporal en el municipio de Ixtenco.....	84
Cuadro 14. Descripción de la producción del maíz de temporal en el municipio de San José Teacalco.....	86
Cuadro 15. Descripción de la producción del maíz de temporal en el municipio de El Carmen Tequexquitla	88
Cuadro 16. Descripción de la producción del maíz de temporal en el municipio de Tocatlán	90
Cuadro 17. Descripción de la producción del maíz de temporal en el municipio de Emiliano Zapata	92
Cuadro 18. Descripción de la producción del maíz de temporal en el municipio de Lázaro Cárdenas.....	94

Cuadro 19. Rendimientos en años con sequía, normales y con exceso de lluvias en Huamantla de 1992 al 2021	141
Cuadro 20. Rangos de rendimiento del maíz	142
Cuadro 21. Rangos de precipitación del maíz.....	142
Cuadro 22. Probabilidad del rendimiento de maíz ante eventos extremos por lluvia en Huamantla	143
Cuadro 23. Rendimientos en años con frecuencia baja, frecuencia normal y frecuencia alta en Huamantla de 1992 al 2021	144
Cuadro 24. Rangos de días con heladas	144
Cuadro 25. Probabilidad del rendimiento de maíz ante eventos extremos por heladas en Huamantla	145
Cuadro 26. Rendimientos en años con sequía, normales y con exceso de lluvias en Atltzayanca de 1992 al 2021	146
Cuadro 27. Rangos de rendimiento del maíz	147
Cuadro 28. Rangos de precipitación del maíz.....	147
Cuadro 29. Probabilidad del rendimiento de maíz ante eventos extremos por lluvia en Atltzayanca.....	147
Cuadro 30. Rendimientos en años con frecuencia baja, frecuencia normal y frecuencia alta en Atltzayanca de 1992 al 2021	148
Cuadro 31. Rangos de días con heladas	149
Cuadro 32. Probabilidad del rendimiento de maíz ante eventos extremos por heladas en Atltzayanca	149
Cuadro 33. Rendimientos en años con sequía, normales y con exceso de lluvias en Cuapiaxtla de 1992 al 2021.....	150
Cuadro 34. Rangos de rendimiento del maíz	151
Cuadro 35. Rangos de precipitación del maíz.....	151
Cuadro 36. Probabilidad del rendimiento de maíz ante eventos extremos por lluvia en Cuapiaxtla	151
Cuadro 37. Rendimientos en años con frecuencia baja, frecuencia normal y frecuencia alta en Cuapiaxtla de 1992 al 2021	152
Cuadro 38. Rangos de días con heladas	153
Cuadro 39. Probabilidad del rendimiento de maíz ante eventos extremos por heladas en Cuapiaxtla.....	153
Cuadro 40. Rendimientos en años con sequía, normales y con exceso de lluvias en Zitlaltepec de 1992 al 2021	154
Cuadro 41. Rangos de rendimiento del maíz	155

Cuadro 42. Rangos de precipitación del maíz.....	155
Cuadro 43. Probabilidad del rendimiento de maíz ante eventos extremos por lluvia en Zitlaltepec.....	155
Cuadro 44. Rendimientos en años con frecuencia baja, frecuencia normal y frecuencia alta en Zitlaltepec de 1992 al 2021	156
Cuadro 45. Rangos de días con heladas	157
Cuadro 46. Probabilidad del rendimiento de maíz ante eventos extremos por heladas en Zitlaltepec	157
Cuadro 47. Rendimientos en años con sequía, normales y con exceso de lluvias en Terrenate de 1992 al 2021	158
Cuadro 48. Rangos de rendimiento del maíz	159
Cuadro 49. Rangos de precipitación del maíz.....	159
Cuadro 50. Probabilidad del rendimiento de maíz ante eventos extremos por lluvia en Terrenate.....	159
Cuadro 51. Rendimientos en años con frecuencia baja, frecuencia normal y frecuencia alta en Terrenate de 1992 al 2021.....	160
Cuadro 52. Rangos de días con heladas	161
Cuadro 53. Probabilidad del rendimiento de maíz ante eventos extremos por heladas en Terrenate	161
Cuadro 54. Rendimientos en años con sequía, normales y con exceso de lluvias en Xaloztoc de 1992 al 2021	162
Cuadro 55. Rangos de rendimiento del maíz	163
Cuadro 56. Rangos de precipitación del maíz.....	163
Cuadro 57. Probabilidad del rendimiento de maíz ante eventos extremos por lluvia en Xaloztoc.....	163
Cuadro 58. Rendimientos en años con frecuencia baja, frecuencia normal y frecuencia alta en Xaloztoc de 1992 al 2021.....	164
Cuadro 59. Rangos de días con heladas	165
Cuadro 60. Probabilidad del rendimiento de maíz ante eventos extremos por heladas en Xaloztoc	165
Cuadro 61. Rendimientos en años con sequía, normales y con exceso de lluvias en Tzompantepec de 1992 al 2021	166
Cuadro 62. Rangos de rendimiento del maíz	167
Cuadro 63. Rangos de precipitación del maíz.....	167
Cuadro 64. Probabilidad del rendimiento de maíz ante eventos extremos por lluvia en Tzompantepec.....	167

Cuadro 65. Rendimientos en años con frecuencia baja, frecuencia normal y frecuencia alta en Tzompantepec de 1992 al 2021	168
Cuadro 66. Rangos de días con heladas	169
Cuadro 67. Probabilidad del rendimiento de maíz ante eventos extremos por heladas en Tzompantepec	169
Cuadro 68. Rendimientos en años con sequía, normales y con exceso de lluvias en Ixtenco de 1992 al 2021	170
Cuadro 69. Rangos de rendimiento del maíz	171
Cuadro 70. Rangos de precipitación del maíz.....	171
Cuadro 71. Probabilidad del rendimiento de maíz ante eventos extremos por lluvia en Ixtenco.....	171
Cuadro 72. Rendimientos en años con frecuencia baja, frecuencia normal y frecuencia alta en Ixtenco de 1992 al 2021	172
Cuadro 73. Rangos de días con heladas	173
Cuadro 74. Probabilidad del rendimiento de maíz ante eventos extremos por heladas en Ixtenco	173
Cuadro 75. Rendimientos en años con sequía, normales y con exceso de lluvias en San José Teacalco de 1996 al 2021	174
Cuadro 76. Rangos de rendimiento del maíz	175
Cuadro 77. Rangos de precipitación del maíz.....	175
Cuadro 78. Probabilidad del rendimiento de maíz ante eventos extremos por lluvia en San José Teacalco	175
Cuadro 79. Rendimientos en años con frecuencia baja, frecuencia normal y frecuencia alta en San José Teacalco de 1996 al 2021	176
Cuadro 80. Rangos de días con heladas	177
Cuadro 81. Probabilidad del rendimiento de maíz ante eventos extremos por heladas en San José Teacalco	177
Cuadro 82. Rendimientos en años con sequía, normales y con exceso de lluvias en El Carmen Tequexquitla de 1992 al 2021	178
Cuadro 83. Rangos de rendimiento del maíz	179
Cuadro 84. Rangos de precipitación del maíz.....	179
Cuadro 85. Probabilidad del rendimiento de maíz ante eventos extremos por lluvia en El Carmen Tequexquitla.....	179
Cuadro 86. Rendimientos en años con frecuencia baja, frecuencia normal y frecuencia alta en El Carmen Tequexquitla de 1992 al 2021	180
Cuadro 87. Rangos de días con heladas	181

Cuadro 88. Probabilidad del rendimiento de maíz ante eventos extremos por heladas en El Carmen Tequexquitla	181
Cuadro 89. Rendimientos en años con sequía, normales y con exceso de lluvias en Tocatlán de 1992 al 2021	182
Cuadro 90. Rangos de rendimiento del maíz	183
Cuadro 91. Rangos de precipitación del maíz.....	183
Cuadro 92. Probabilidad del rendimiento de maíz ante eventos extremos por lluvia en Tocatlán.....	183
Cuadro 93. Rendimientos en años con frecuencia baja, frecuencia normal y frecuencia alta en Tocatlán de 1992 al 2021	184
Cuadro 94. Rangos de días con heladas	185
Cuadro 95. Probabilidad del rendimiento de maíz ante eventos extremos por heladas en Tocatlán	185
Cuadro 96. Rendimientos en años con sequía, normales y con exceso de lluvias en Emiliano Zapata de 1996 al 2021.....	186
Cuadro 97. Rangos de rendimiento del maíz	186
Cuadro 98. Rangos de precipitación del maíz.....	187
Cuadro 99. Probabilidad del rendimiento de maíz ante eventos extremos por lluvia en Emiliano Zapata	187
Cuadro 100. Rendimientos en años con frecuencia baja, frecuencia normal y frecuencia alta en Emiliano Zapata de 1996 al 2021.....	188
Cuadro 101. Rangos de días con heladas	189
Cuadro 102. Probabilidad del rendimiento de maíz ante eventos extremos por heladas en Emiliano Zapata.....	189
Cuadro 103. Rendimientos en años con sequía, normales y con exceso de lluvias en Lázaro Cárdenas de 1996 al 2021	190
Cuadro 104. Rangos de rendimiento del maíz	190
Cuadro 105. Rangos de precipitación del maíz.....	191
Cuadro 106. Probabilidad del rendimiento de maíz ante eventos extremos por lluvia en Lázaro Cárdenas.....	191
Cuadro 107. Rendimientos en años con frecuencia baja, frecuencia normal y frecuencia alta en Lázaro Cárdenas de 1996 al 2021	192
Cuadro 108. Rangos de días con heladas	192
Cuadro 109. Probabilidad del rendimiento de maíz ante eventos extremos por heladas en Lázaro Cárdenas	193

Cuadro 110. Relación de vulnerabilidad de sequías y heladas y la percepción campesina.....	235
--	-----

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Ubicación de la región Oriente-Huamantla	14
Ilustración 2. Caracterización de la superficie sembrada de maíz de temporal en la región Oriente-Huamantla	20
Ilustración 3. Caracterización de la producción del maíz de temporal en la región Oriente-Huamantla	21
Ilustración 4. Caracterización del rendimiento del maíz de temporal en la región Oriente-Huamantla	22
Ilustración 5. Caracterización de productores agrícolas en la región Oriente-Huamantla	23
Ilustración 7. Superficie sembrada en hectáreas de maíz de temporal en la Región Oriente durante el periodo 1992-2022.....	68
Ilustración 8. Caracterización del rendimiento de maíz en Huamantla durante el periodo 1992-2022	71
Ilustración 9. Caracterización del rendimiento de maíz en Atltzayanca durante el periodo 1992-2022	73
Ilustración 10. Caracterización del rendimiento de maíz en Cuapiaxtla durante el periodo 1992-2022	75
Ilustración 11. Caracterización del rendimiento de maíz en Zitlaltepec durante el periodo 1992-2022	77
Ilustración 11. Caracterización del rendimiento de maíz en Terrenate durante el periodo 1992-2022	79
Ilustración 11. Caracterización del rendimiento de maíz en Xaloztoc durante el periodo 1992-2022	81
Ilustración 12. Caracterización del rendimiento de maíz en Tzompantepec durante el periodo 1992-2022	83
Ilustración 13. Caracterización del rendimiento de maíz en Ixtenco durante el periodo 1992-2022	85
Ilustración 13. Caracterización del rendimiento de maíz en San José Teacalco durante el periodo 1996-2022	87
Ilustración 14. Caracterización del rendimiento de maíz en El Carmen Tequexquitla durante el periodo 1992-2022	89
Ilustración 15. Caracterización del rendimiento de maíz en Tocatlán durante el periodo 1992-2022	91
Ilustración 16. Caracterización del rendimiento de maíz en Emiliano Zapata durante el periodo 1996-2022	93

Ilustración 17. Caracterización del rendimiento de maíz en Lázaro Cárdenas durante el periodo 1996-2022	95
Ilustración 18. Caracterización de los años secos y húmedos en Huamantla durante el periodo 1980-2021	98
Ilustración 19. Caracterización del número de heladas en Huamantla durante el periodo 1980-2021	99
Ilustración 20. Temperatura mínima y heladas en Huamantla durante el periodo 1980-2021	100
Ilustración 21. Caracterización de los años secos y húmedos en Atltzayanca durante el periodo 1980-2021	101
Ilustración 22. Caracterización del número de heladas en Atltzayanca durante el periodo 1980-2021	102
Ilustración 23. Temperatura mínima y heladas en Atltzayanca durante el periodo 1980-2021	103
Ilustración 24. Caracterización de los años secos y húmedos en Cuapiaxtla durante el periodo 1980-2021	104
Ilustración 25. Caracterización del número de heladas en Cuapiaxtla durante el periodo 1980-2021	105
Ilustración 26. Temperatura mínima y heladas en Cuapiaxtla durante el periodo 1980-2021	106
Ilustración 27. Caracterización de los años secos y húmedos en Zitlaltepec durante el periodo 1980-2021	107
Ilustración 28. Caracterización del número de heladas en Zitlaltepec durante el periodo 1980-2021	108
Ilustración 29. Temperatura mínima y heladas en Zitlaltepec durante el periodo 1980-2021	109
Ilustración 30. Caracterización de los años secos y húmedos en Terrenate durante el periodo 1980-2021	110
Ilustración 31. Caracterización del número de heladas en Terrenate durante el periodo 1980-2021	111
Ilustración 32. Temperatura mínima y heladas en Terrenate durante el periodo 1980-2021	112
Ilustración 33. Caracterización de los años secos y húmedos en Xaloztoc durante el periodo 1980-2021	113
Ilustración 34. Caracterización del número de heladas en Xaloztoc durante el periodo 1980-2021	114

Ilustración 35. Temperatura mínima y heladas en Xaloztoc durante el periodo 1980-2021	115
Ilustración 36. Caracterización de los años secos y húmedos en Tzompantepec durante el periodo 1980-2021	116
Ilustración 37. Caracterización del número de heladas en Tzompantepec durante el periodo 1980-2021	117
Ilustración 38. Temperatura mínima y heladas en Zitlaltepec durante el periodo 1980-2021	118
Ilustración 39. Caracterización de los años secos y húmedos en Ixtenco durante el periodo 1980-2021	119
Ilustración 40. Caracterización del número de heladas en Ixtenco durante el periodo 1980-2021	120
Ilustración 41. Temperatura mínima y heladas en Ixtenco durante el periodo 1980-2021	121
Ilustración 42. Caracterización de los años secos y húmedos en San José Teacalco durante el periodo 1980-2021	122
Ilustración 43. Caracterización del número de heladas en San José Teacalco durante el periodo 1980-2021	123
Ilustración 44. Temperatura mínima y heladas en San José Teacalco durante el periodo 1980-2021	124
Ilustración 45. Caracterización de los años secos y húmedos en El Carmen Tequexquitla durante el periodo 1980-2021	125
Ilustración 46. Caracterización del número de heladas en El Carmen Tequexquitla durante el periodo 1980-2021	126
Ilustración 47. Temperatura mínima y heladas en El Carmen Tequexquitla durante el periodo 1980-2021	127
Ilustración 48. Caracterización de los años secos y húmedos en Tocatlán durante el periodo 1980-2021	128
Ilustración 49. Caracterización del número de heladas en Tocatlán durante el periodo 1980-2021	129
Ilustración 50. Temperatura mínima y heladas en Tocatlán durante el periodo 1980-2021	130
Ilustración 51. Caracterización de los años secos y húmedos en Emiliano Zapata durante el periodo 1980-2021	131
Ilustración 52. Caracterización del número de heladas en Emiliano Zapata durante el periodo 1980-2021	132

Ilustración 53. Temperatura mínima y heladas en Emiliano Zapata durante el periodo 1980-2021	133
Ilustración 54. Caracterización de los años secos y húmedos en Lázaro Cárdenas durante el periodo 1980-2021	134
Ilustración 55. Caracterización del número de heladas en Lázaro Cárdenas durante el periodo 1980-2021	135
Ilustración 56. Temperatura mínima y heladas en Lázaro Cárdenas durante el periodo 1980-2021	136
Ilustración 57. Caracterización del porcentaje de edades de los campesinos seleccionados.....	196
Ilustración 58. Caracterización del porcentaje del nivel de estudios de los campesinos seleccionados.....	197
Ilustración 59. Caracterización del porcentaje de años trabajando el campo de los campesinos seleccionados.....	198
Ilustración 60. Caracterización del porcentaje de las hectáreas sembradas por los campesinos seleccionados.....	199
Ilustración 61. Caracterización del porcentaje de las hectáreas sembradas en condiciones de riego por los campesinos seleccionados	200
Ilustración 62. Caracterización del porcentaje de gastos de siembra por los campesinos seleccionados.....	201
Ilustración 63. Caracterización del porcentaje de los principales gastos de siembra por los campesinos seleccionados.....	202
Ilustración 64. Caracterización del porcentaje de los principales cultivos sembrados por los campesinos seleccionados	203
Ilustración 65. Caracterización del porcentaje de la forma de agricultura empleada por los campesinos seleccionados.....	204
Ilustración 66. Caracterización del porcentaje del rendimiento obtenido por los campesinos seleccionados.....	205
Ilustración 67. Caracterización del porcentaje del rendimiento obtenido hace 5 años por los campesinos seleccionados	206
Ilustración 68. Caracterización del porcentaje del rendimiento obtenido hace 10 años por los campesinos seleccionados	207
Ilustración 69. Caracterización del porcentaje del rendimiento obtenido hace 20 años por los campesinos seleccionados	208
Ilustración 70. Caracterización del porcentaje de los factores climáticos por los campesinos seleccionados.....	209

Ilustración 71. Caracterización del porcentaje del impacto de la sequía por los campesinos seleccionados.....	210
Ilustración 72. Caracterización del porcentaje del impacto de las heladas por los campesinos seleccionados.....	211
Ilustración 73. Caracterización del porcentaje del impacto de las lluvias torrenciales por los campesinos seleccionados	212
Ilustración 74. Caracterización del porcentaje del cambio de temperatura por los campesinos seleccionados.....	213
Ilustración 75. Caracterización del porcentaje del impacto del clima en la producción del maíz por los campesinos seleccionados	214
Ilustración 76. Caracterización del porcentaje de apoyo recibido por los campesinos seleccionados.....	215
Ilustración 77. Caracterización del porcentaje del conocimiento del uso de cañones antigranizo por los campesinos seleccionados	216
Ilustración 78. Caracterización del porcentaje del uso de tecnología por los campesinos seleccionados.....	217
Ilustración 79. Caracterización del porcentaje del uso de tecnología por los campesinos seleccionados.....	218
Ilustración 80. Caracterización del porcentaje del impacto de plagas por los campesinos seleccionados.....	219
Ilustración 81. Caracterización del porcentaje del impacto de plagas por los campesinos seleccionados.....	220
Ilustración 82. Caracterización del porcentaje del control de plagas por los campesinos seleccionados.....	221
Ilustración 83. Caracterización del porcentaje del futuro de la agricultura por los campesinos seleccionados.....	222
Ilustración 84. Reunión con los campesinos de Ignacio Zaragoza Huamantla ...	227
Ilustración 85. Reunión con los campesinos de Atltzayanca	228
Ilustración 86. Reunión con los campesinos de San José Teacalco	230
Ilustración 87. Reunión con los campesinos de Cuapixtla	231
Ilustración 88. Regionalización del grado de vulnerabilidad de maíz de temporal antes las sequías y heladas	234

Acrónimos y Siglas

- [AGEBs] Áreas Geoestadísticas Básicas
- [CEPAL] Comisión Económica para América latina y el Caribe
- [CONABIO] Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
- [CONAGUA] Comisión Nacional del Agua
- [CONEVAL] Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social
- [CPEUM] Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos
- [DDR] Distritos de Desarrollo Rural
- [IG-IN] Instituto de Geografía-Instituto Nacional de Ecología
- [INEGI] Instituto nacional de Estadística y Geografía
- [IPCC] Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
- [LGCC] Ley General de Cambio Climático
- [ONU] Organización de las naciones Unidas
- [PECC] Programa Especial de Cambio Climático
- [QGIS] Quantum Geographic Information System
- [RiBeS] Rindviehbeprobung am Schlachthof
- [SAGARPA] Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
- [SEDER] Secretaría de Desarrollo Rural
- [SEMARNAT] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
- [SIACON] Sistema de Información Agropecuaria de Consulta
- [SIAP] Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera
- [WS] National Weather Service

Resumen

La investigación titulada Riesgo y Vulnerabilidad del Maíz de Temporal Frente a la Variabilidad Climática en la Región Oriente-Huamantla del Estado de Tlaxcala, realizada por Jorge Luis Carmona Martínez (jorgelcm@coltlax.edu.mx) aborda las amenazas que enfrenta la agricultura de temporal, particularmente el maíz, ante la variabilidad climática. La humedad y la temperatura son factores indispensables para una adecuada germinación, crecimiento y desarrollo del maíz, los eventos climáticos como las bajas precipitaciones y heladas, resultado de la variabilidad climática representan los principales riesgos importantes, ya que ocasionan daños directos y vuelven al sistema agrícola vulnerable, afectando de manera significativa la producción y con ello la economía de los productores locales. El estado de Tlaxcala cuenta con tres regiones productoras de maíz de temporal, la principal es la región Oriente-Huamantla. Debido a ello, el objetivo del presente trabajo es determinar el grado de vulnerabilidad del cultivo de maíz de temporal frente a eventos climáticos extremos. Se empleó una metodología mixta, con enfoques cuantitativos y cualitativos. Se analizaron las variables de precipitación y temperatura mínima del periodo 1980 a 2021, así como los datos de rendimiento del maíz de temporal, temporal calculando promedios y desviaciones estándar con el fin de establecer correlaciones para determinar el grado de vulnerabilidad. Además, se aplicaron 200 cuestionarios y se realizaron entrevistas grupales en los municipios seleccionados. El estudio identificó diferentes grados de vulnerabilidad, siendo Ixtenco, San José Teacalco y Tocatlán vulnerables a la sequía y heladas de probabilidad de obtener rendimientos bajos con estos eventos, así como otros problemas relevantes que también afectan al cultivo como, las plagas, y el uso de agroquímicos. Esto sugiere la necesidad de futuras investigaciones con un enfoque holístico, que integren otros factores de riesgo como las condiciones edáficas, situación económica, capacitación, tipo de semilla utilizada y la creciente desterritorialización provocada por la agroindustria.

Palabras clave: cambio climático, agroquímicos, plagas, productores locales.

Introducción

El fenómeno llamado cambio climático está afectado a prácticas que como la agricultura de temporal, la cual sustenta la economía de muchos pueblos campesinos. Año con año se presentan eventos climáticos extremos como las sequías y las heladas, que ponen en riesgo la seguridad alimentaria.

Si bien México cuenta con varios cultivos, quizá el más representativo sea el maíz. Este cultivo es la principal fuente de alimentación de muchas familias y el que más se siembra en la superficie mexicana. El estado de Tlaxcala tiene tres regiones productoras de maíz, la región Norte, la Centro Sur y la región Oriente que es la de mayor producción de maíz temporal. Sin embargo, la presencia de eventos climáticos extremos impacta de forma diferente a las tres regiones.

La agricultura del maíz tiene muchos riesgos que la hacen vulnerable a sufrir catástrofes en su producción y uno de ellos es la variabilidad climática que se puede intensificar si se llevan a cabo malas prácticas agrícolas como el uso de fertilizantes que degradan el suelo, el uso de maquinaria pesada que lo compacta, el uso de semillas transgénicas, cambios en el uso del suelo para aumentar la superficie dedicada a la agricultura, no contar con capacitación entre otras. Esto está conduciendo a un entorno poco favorable y, en consecuencia, a una economía rural debilitada, lo que deriva en el abandono de las actividades agrícolas. En la actualidad, la mayoría de los productores son adultos mayores, quienes aún sostienen esta práctica, mientras que muchos jóvenes prefieren emplearse en fábricas o migrar a las ciudades en busca de un ingreso más seguro. La agricultura, por su parte, no resulta rentable, pues los insumos son cada vez más costosos y la actividad carece de estabilidad económica.

La vulnerabilidad de la agricultura de maíz de temporal depende de diversos factores, entre ellos el grado de exposición a sequías y heladas, así como la susceptibilidad de los cultivos frente a estos fenómenos. Conocer el clima es indispensable para comprender los desafíos a los que se enfrentan y así realizar una planificación que permita desarrollar buenas prácticas agrícolas. Es necesario

conocer el grado de afectación de estos eventos extremos climáticos para saber con exactitud cuáles son los municipios más vulnerables y cuáles son sus posibles causas.

La presente investigación propone evaluar el riesgo y la vulnerabilidad del maíz de temporal ante la variabilidad climática, a partir de un enfoque complementario que permita aproximarse a la realidad y dar respuesta al problema que se manifiesta en la región Oriente-Huamantla del estado de Tlaxcala.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

Los aumentos en los desequilibrios climáticos son cada vez más notorios y las investigaciones lo confirman demostrando los impactos en los diferentes sistemas naturales, económicos y sociales en todas las regiones del mundo. La actividad agrícola se desaceleró en los últimos 50 años a nivel mundial por las variaciones climáticas generando impactos negativos en las regiones de latitudes bajas y principalmente en la zona media (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2023).

La variabilidad climática es un problema a nivel mundial que está afectando las actividades de la agricultura de temporal, todos estos eventos extremos climáticos traen pérdidas en la producción que afecta directamente la economía y la seguridad alimentaria en las naciones. Todas estas afectaciones han llamado la atención de diversos investigadores para estudiar las principales causas y sus posibles consecuencias. Por ejemplo, Tiscornia et al. (2016) evalúa la variabilidad climática y la ocurrencia de las heladas, granizos, sequías e inundaciones en diferentes periodos del año y en determinadas zonas de Uruguay. La producción agropecuaria es uno de los factores más relevantes para el país, pero también uno de los más perjudicados requiriendo de varios años para la recuperación económica y financiera del deterioro ocasionado. Se evaluó la variabilidad climática en tres dimensiones que son a largo plazo, decadal e interanual en los diferentes periodos del año, llegando a las conclusiones que la variabilidad interanual es la de mayor incidencia para todas las variables estudiadas y en todas las localidades y periodos analizados.

En México al contar con una agricultura de temporal se han presentado problemas derivados de la variabilidad climática, en la investigación de Mayo Mendoza (2021) presenta la vulnerabilidad del cultivo del maíz frente a cambios de las variables climáticas como la temperatura y la precipitación que condicionan su desarrollo en el municipio de Palenque, Chiapas. En el estudio se contemplaron 30 Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEBs) evaluadas, cinco mostraron vulnerabilidad

muy alta, nueve obtuvieron alta vulnerabilidad, 11 se clasificaron con vulnerabilidad media, tres con baja vulnerabilidad y dos exhibieron muy baja vulnerabilidad. Los resultados obtenidos para la vulnerabilidad agrícola se explican en orden de importancia, para la población rural que vive en AGEBS, se encontró 43.3% muy sensibles a los cambios de clima, 9.3% muy expuestos y 11.3% con baja capacidad para hacer frentes a los impactos de la variabilidad climática.

Por su parte, Hernández Vázquez et al. (2019) realizaron un estudio en Tlaxcala señalando los principales elementos del clima que influyen a la producción del maíz, son la temperatura mínima, temperatura máxima y precipitación. Se concluye que los eventos climáticos extremos que mayor impactan a la agricultura de temporal del maíz son las heladas y las sequías encontrándose una profunda relación con las pérdidas en la producción agrícola anual. Las medidas de adaptación al cambio climático son una prioridad a desarrollar para hacer frente a estos impactos y aún más si se realizan acciones entre la sociedad y el gobierno.

1.2. Construcción científica del problema de investigación

En el planeta se ha detectado una alteración climática sin precedentes en los últimos años; estas transformaciones se presentan a nivel mundial, afectando a los regímenes climáticos, como ondas de calor, sequías, precipitaciones extremas, fuertes vientos y granizadas. A partir de la denominada Primera Revolución Industrial en Inglaterra, a finales del siglo XVIII, el uso masivo de combustibles fósiles como el carbón dio inicio a una transformación profunda de la atmósfera terrestre, generando un aumento significativo de las emisiones de gases de efecto invernadero (Steffen et al., 2015). En el siglo pasado se registró un aumento de 0.74°C en la temperatura mundial, siendo los años noventa la década más cálida del siglo XX (Jiménez-García et al., 2011, pp. 2-5). Sin embargo, datos más recientes indican que la temperatura global ha aumentado 1.1°C respecto a niveles preindustriales y, de no implementarse acciones efectivas, se proyecta un incremento entre 1.5°C y 4.5°C para finales del siglo XXI (IPCC, 2023). Esto plantea un panorama poco alentador para el siglo XXI, ya que se pronostica un acelerado

acrecentamiento de la temperatura, acompañado de cambios drásticos en los ecosistemas globales

Actualmente, a nivel mundial se vive con la preocupación de los problemas que puedan presentarse debido a los efectos del cambio climático en los distintos sistemas como son los biológicos, químicos y físicos. En los biológicos podemos encontrar el subsistema agrícola de temporal, que se verá fuertemente impactado, debido a que para que haya un buen crecimiento, producción y rendimientos del cultivo son indispensables dos factores climáticos, la precipitación y la temperatura (Altieri y Nicholls, 2009). Además de los factores climáticos, el suelo y su manejo desempeñan un rol fundamental en la productividad agrícola. Según Turrent-Fernández (2006) la pérdida de suelo debido a la erosión afecta directamente la relación entre productividad y estabilidad de los cultivos, como se evidencia en sistemas de manejo del suelo en regiones tropicales. La adecuada conservación del suelo y prácticas de manejo sostenible son indispensables para mitigar la degradación y garantizar rendimientos agrícolas óptimos frente a condiciones climáticas adversas

Al impactar los efectos climáticos en los ecosistemas agrícolas, estos se verán seriamente perjudicados disminuyendo los ingresos económicos de los campesinos dando como resultado un aumento en la pobreza y problemas de seguridad alimentaria (Santiago-Jerónimo, 2009).

La variabilidad climática en México está presente y seguirá estando, así lo menciona Sánchez-Cohen y Díaz-Padilla (2008, p. 8) y que si se duplicará la cantidad de CO₂ en la atmósfera provocará un aumento global de la temperatura entre 2 y 5° C, que ocurrirá entre los años 2030 y 2060. Además, tiene un enfoque hidrológico-agronómico al considerar la variación de la lluvia a lo largo del tiempo, así como la temperatura y la capacidad del suelo para almacenar agua, factores fundamentales para el equilibrio de humedad que sostiene el crecimiento y rendimiento del cultivo.

En un estudio de evaluación de riesgo realizado por Neri Vidaurri (2004) presenta como los impactos del fenómeno de El Niño causa lluvias por debajo de lo normal provocando sequías y La Niña con efectos de lluvia por arriba de lo normal,

además muestra la relación de estas anomalías con los bajos rendimientos del maíz en Oaxaca, los hallazgos obtenidos del análisis demuestran que los eventos extremos de lluvias están afectando de manera directa a los bajos rendimientos del maíz, y los constantes impactos a la agricultura. Por su parte Grassi Cantero (1983) menciona el impacto que tienen las primeras y últimas heladas en Puebla y Tlaxcala en relación a los cultivos, indica que la alta frecuencia de heladas puede incidir directamente en el crecimiento de la planta afectando la producción y por ende al rendimiento. Estos eventos climáticos extremos como las lluvias y las heladas pueden acarrear problemas a los productores de maíz de temporal en los ámbitos sociales y económicos, pero también, problemas de seguridad alimentaria.

El estado de Tlaxcala cuenta con un 88.2% de agricultura de temporal y un 11.8% de agricultura de riego, su área agrícola es de 239, 558 ha y se siembran 49 cultivos, siendo el maíz de temporal el más destacado pues cubre una superficie total cultivada de más de 50%. (SIAP, 2023).

El maíz de temporal en el estado de Tlaxcala muestra una relación entre la producción y el rendimiento, todos los años que tienen una producción importante de maíz, también tienen más de 2 t/ha de rendimiento, por ejemplo, 2000, 2001, 2003, 2004, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 y 2020 sobrepasando la producción de las 200 mil toneladas anuales. Por el contrario, los años que tienen poca producción y rendimiento bajos son 2002, 2005 y 2011, los cuales no obtuvieron más de 150 mil toneladas anuales (Cuadro 1).

Cuadro 1.

Descripción del maíz de temporal en el estado de Tlaxcala durante el periodo 2000-2023

Año	Superficie Sembrada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)
2000	110743.00	231488.00	2.3
2001	104844.00	254543.00	2.4
2002	99391.00	122.213.00	1.7
2003	94938.00	204573.69	2.2
2004	104198.00	238887.92	2.3
2005	101669.75	139166.52	1.37
2006	99936.75	208917.60	2.1
2007	107513.50	235122.83	2.19
2008	98203.25	251291.87	2.58
2009	99205.25	210671.10	2.12
2010	103886.25	243016.31	2.35
2011	105782.50	118827.14	1.64
2012	101332.41	244111.80	2.59
2013	85992.00	217587.00	2.53
2014	99064.00	285307.10	2.91
2015	101376.64	258717.28	2.55
2016	119266.00	342160.42	2.87
2017	110390.00	306678.35	2.78
2018	117305.00	272234.38	2.33
2019	87043.75	222489.23	2.56
2020	112177.00	265232.78	2.36
2021	101891.00	270636.69	2.66
2022	101670.50	279817.93	2.75
2023	102478.00	260512.41	2.56

Nota: Adaptado con datos del SIAP (2023).

Las condiciones ambientales que afectan negativamente la agricultura de temporal son graves, y se presentan año con año ocasionando fuertes desequilibrios en los cultivos. En el estado de Tlaxcala Hernández Vázquez et al. (2019, pp. 43-46) presentan un análisis de la agricultura de temporal y su relación con el cambio climático, señalan que los elementos del clima que inciden en la agricultura son: la temperatura mínima perjudicando a los municipios de Benito Juárez, Calpulalpan, El Carmen Tequexquitla, Cuapiaxtla y Atlangatepec, con un

promedio de 4.5° y 5.5° C; respecto a la temperatura máxima, en los municipios de Zacatelco, Teolocholco, Amaxac, Ixtacuixtla y Tlaxcala con un promedio de 24.5° y 25.5° C; y la precipitación en los municipios de San pablo del Monte, Españita, Teolocholco y Zacatelco considerados como los más lluviosos, con poco más de 1200 mm de agua por año, mientras que los más secos son El Carmen Tequexquitla, con 470 mm y Atltzayanca con 568 mm de lluvia al año.

La variabilidad climática puede traer consigo devastadores impactos en la agricultura de temporal y calidad del suelo que alteran el microbiota dando como resultado suelos infértiles que se verá reflejado en los rendimientos del cultivo y consecuencias en los precios y escases de alimentos (Sánchez-Cohen y Díaz-Padilla, 2008).

La estrecha relación entre el clima y la agricultura aumenta la probabilidad de amenazas por eventos climáticos extremos, las heladas y las sequías son los fenómenos que más se presentan recurrentemente. Sí el cambio climático continua seguirá modificando la magnitud y frecuencias de los eventos climáticos extremos provocando cada vez más impactos sobre la agricultura de temporal (Jiménez-García et al., 2011).

A partir de la información climática y de producción del estado de Tlaxcala, se identifica un problema que afecta de manera desigual a los distintos municipios en su agricultura de temporal, afectando su desarrollo local en sus dimensiones económica, cultural y ambiental. Esta afectación no solo se manifiesta a escala local o municipal, sino que también repercute en el desarrollo regional, ya que la agricultura de temporal constituye una base estructural para la economía campesina, local y regional. La disminución en la productividad agrícola, derivada de factores climáticos, genera desequilibrios en la integración regional, profundiza las desigualdades entre territorios y debilita las capacidades de resiliencia colectiva frente a los retos socioambientales, y uno de esos es el modelo agroextractivista que desplazan formas tradicionales de producción. Además, la pérdida de prácticas culturales vinculadas al campo y la degradación ambiental comprometen la sostenibilidad del desarrollo regional a mediano y largo plazo.

Por lo anterior, se propone trabajar con la región Oriente-Huamantla considerando las variables climáticas de precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima para conocer los años con mayores eventos extremos en lluvias y heladas, para ello, es necesario conocer por lo menos 25 años de datos del estado del tiempo para poder hablar de las variaciones que se han presentado, en este caso se trabajó con datos de los años 1980 al 2021. También, se analizaron las bases históricas del maíz de temporal de los 13 municipios que conforman esta región, partiendo del año 1992 al 2022 para conocer los años con baja producción y rendimientos que se han presentado.

La región Oriente-Huamantla tiene una agricultura de temporal se encuentra influenciada por la variabilidad climática. Por lo anterior, se establecen a manera de guía, las siguientes preguntas de investigación.

1.3. Preguntas de investigación

1.3.1. Pregunta General.

¿Cuál es la vulnerabilidad del cultivo maíz de temporal en la región Oriente-Huamantla ante eventos extremos climáticos?

1.3.2. Preguntas Específicas.

¿Cómo es la variabilidad climática por los eventos extremos de lluvias y heladas?

¿Cómo han sido los efectos de la variabilidad climática en la producción y los rendimientos del maíz en los últimos años?

¿Cuál ha sido el grado de vulnerabilidad del maíz frente a eventos climáticos extremos?

1.4. Objetivos de investigación

1.4.1. Objetivo General.

- Determinar el grado de vulnerabilidad del cultivo de maíz de temporal de la región Oriente-Huamantla, ante eventos extremos climáticos, para generar

una regionalización frente las sequías y heladas y apoyar futuros planteamientos de estrategias y medidas de adaptación.

1.4.2. Objetivos Específicos.

- 1.- Describir la variabilidad de la precipitación y temperaturas en los últimos 40 años en la región oriente de Tlaxcala, para la identificación de patrones y tendencias específicas.
- 2.- Describir los riesgos por variabilidad climática en la producción y rendimiento del maíz de temporal en los últimos 20 años para la identificación de vulnerabilidades específicas.
- 3.- Explicar la relación entre la variabilidad climática y el rendimiento de maíz de temporal frente a eventos climáticos extremos para la comprensión del grado de vulnerabilidad y del riego frente a condiciones climáticas adversas.
- 4.- Describir la percepción de los campesinos sobre los efectos de la variabilidad climática en la producción de maíz de temporal, para identificar las principales problemáticas que enfrentan.

1.5. Hipótesis de investigación

Se espera que los eventos climáticos extremos, como sequías y heladas, aumenten en frecuencia e intensidad en la región Oriente-Huamantla, lo que incrementa los riesgos para el rendimiento del maíz, afectando el desarrollo social, ambiental y económico; además, se prevé que los agricultores perciban estas variaciones climáticas y adopten medidas preventivas limitadas.

1.6. Justificación

El presente trabajo se orienta al análisis del comportamiento de la variabilidad climática extrema, expresada en precipitaciones abundantes e intensas y en heladas, las cuales repercuten directamente en la agricultura del maíz, particularmente bajo condiciones de temporal en la región Oriente-Huamantla, donde no existe hasta ahora una investigación actualizada sobre los impactos del clima en este cultivo. La información obtenida puede contribuir a generar procesos

localizados de transformación social, ambiental y económica, además de constituir una base de datos para investigaciones futuras que aborden el riesgo y la vulnerabilidad climática en las prácticas agrícolas de temporal, mediante la incorporación de información climática de seis municipios que carecen de estación meteorológica.

La región Oriente-Huamantla (DDR¹ 165) se caracteriza por ser la de mayor producción de maíz de temporal del estado de Tlaxcala teniendo una producción total anual de 94,716.15 t, seguida de la región Centro-Sur Tlaxcala (DDR 164) con 75,051.47 t. De los 13 municipios que conforman la región Oriente-Huamantla, Lázaro Cárdenas es el de menor producción (864.82 t) y el más alto es Huamantla (32,441.34 t), seguido de Atltzayanca (11,1832.40 t). Los municipios de Tzompantepec, Ixtenco, Zitlaltepec de Trinidad Sánchez Santos, Tocaltlán y Huamantla son los más altos en rendimiento, con un promedio que va desde las 2.25 a 3.39 teladas por hectárea (t/ha), mientras que los más bajos son Atltzayanca, Terrenate, Emiliano Zapata, Lázaro Cárdenas y El Carmen Tequexquitla con un promedio de 1.65 a 1.99 t/ha. Si se compara en rendimientos a Tzompantepec y a Tequexquitla se encontrará una diferencia significativa de 0.74 t/ha, municipios pertenecientes a la misma región (SIAP², 2023); cabe mencionar que ambos municipios se encuentran en agroecosistemas diferentes.

La variabilidad climática³ anual señala una perspectiva poco alentadora para la práctica agrícola de temporal, a pesar de ello, hay grupos sociales que han podido hacer frente al clima con organización e ingenio al implementar estrategias agroecológicas como: tecorrales, zanjas de nivel, terrazas, barreras como bordos, labranza mínima, rotación de cultivos, asociación de cultivos, semillas nativas, y la implementación de abono orgánico que ayudan a la adaptación a estos eventos climáticos extremos. La adaptación debe contribuir al mejoramiento de la producción y los rendimientos del cultivo; además, dicho avance se reflejará en los

¹ DDR. Distritos de Desarrollo Rural 163, 164 y 165 del estado de Tlaxcala (Damián Huato et al., 2009).

² SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera de la SAGARPA.

³ Fluctuaciones de los componentes del clima –temperatura y precipitaciones (Hernández Vázquez, 2010).

ámbitos cultural, social, económico y ambiental, como lo señalan Damián-Huato et al. (2010, p. 70) en su trabajo donde describen que el 20.8% que emplearon tecnologías campesinas en el manejo del maíz de temporal fueron más eficientes que los productores que utilizan tecnologías modernas, llegando a la conclusión que la agricultura tradicional mejora la productividad y presenta beneficios ambientales a la humanidad.

La producción en la agricultura de temporal varía según las prácticas y los tipos de semillas que empleen los agricultores, con fines específicos que recurren a medios particulares. Cada cultivo requiere condiciones propias de humedad y temperatura para lograr un óptimo crecimiento. Resulta fundamental conocer las percepciones de los productores, ya que esto puede contribuir a enfrentar los retos climáticos. El conocimiento del campesino se debe tener presente y no se debe de omitir, la implementación de su discernimiento puede ayudar de una manera muy notable a disminuir el riesgo de una determinada región.

La falta de información especializada sobre el clima en la región es un problema recurrente que afecta a los campesinos, la información debe transmitirse a los campesinos mediante métodos prácticos y comprensibles, que les permitan incorporar el conocimiento en sus actividades agrícolas para el apoyo de los productores como una herramienta que sirva de sustento en los cambios que están ocurriendo en el clima y así poder aplicar sus prácticas de forma más segura, lo cual podría contribuir a tener mejores resultados en la economía de la sociedad agrícola de la región. La planificación agrícola es una respuesta a la prevención para disminuir en gran porcentaje el riesgo y la vulnerabilidad que actualmente se está viviendo por los fenómenos climáticos que aquejan a la agricultura de temporal como lo señala Hernández Vázquez (2010) quien en su investigación describe que la falta de estrategias agroecológicas es un gran problema que caracteriza a la agricultura de temporal en el estado frente a la variabilidad climática.

Por su parte, Le Roy (1991) describe la importancia de que las poblaciones conozcan las condiciones climáticas en México, puntualizando cómo la variabilidad climática repercute directamente en el manejo de los cultivos, hace mención del conocimiento empírico que ponen en práctica algunos campesinos para predecir el

clima, sabiendo muy bien que las condiciones meteorológicas están en una estrecha relación con la agricultura de temporal. El conocimiento generado por investigaciones, en conjunto con el saber campesino y sus estrategias tradicionales, puede contribuir a reducir el riesgo y la vulnerabilidad en la región.

Como se mencionó anteriormente la agricultura de temporal se encuentra totalmente influenciada por la variabilidad climática que año con año se hace presente, por eso se considera que ésta investigación es necesaria, ya que al contar con datos más precisos respecto a la vulnerabilidad del maíz de temporal se podrá tomar mejores decisiones en el ámbito agrícola para beneficiar la producción lo que puede dar como resultado un incremento económico que ayudará a mejorar la calidad de vida de la sociedad de la región Oriente-Huamantla que es el principal objetivo del desarrollo regional, Carrillo Huerta (2002) quien describe al desarrollo regional como un proceso mediante y durante el cual se mejora la calidad de vida de una sociedad asentada en un espacio geográfico.

Entonces, conocer cuáles son las amenazas climáticas que más repercuten en el cultivo del maíz de temporal en esta región, dará la posibilidad de establecer y diseñar junto con los campesinos del área del estudio estrategias agroecológicas como la rotación de cultivos, terrazas, zanjas a nivel, labranza mínima, bordos, barreras muertas y vivas etc., esto permitirá a los campesinos una producción más eficiente y ayudará a la conservación de los recursos naturales como la biodiversidad y ecosistemas (Hernández Vázquez, 2010).

II. MARCO CONTEXTUAL

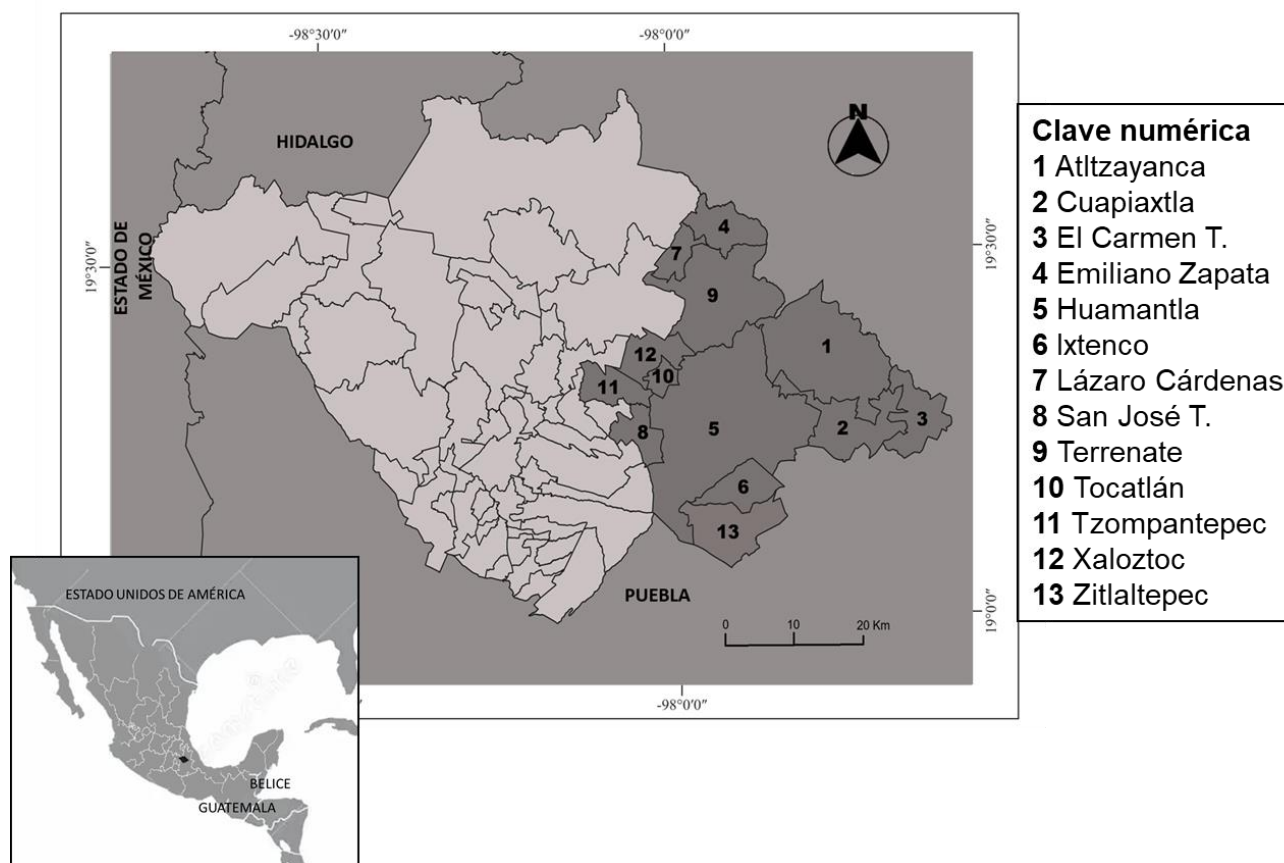
2.1. Área de Estudio

2.1.1. Marco Físico

En la Ilustración 1 se aprecia a región Oriente-Huamantla (DDR 165) la cual se conforma de 13 municipios; Atltzayanca, Cuapiaxtla, El Carmen Tequexquitla, Huamantla, San José Teacalco, Terrenate, Zitlaltepec de Trinidad Sánchez Santos, Emiliano Zapata, Lázaro Cárdenas, Tzompantepec, Ixtenco, Tocatlán y Xaloztoc. Se localiza entre las coordenadas geográficas 19° 32′ a 19° 19′ latitud norte y entre los -97° 55′ a -97° 00′ longitud oeste, con una altitud promedio de 2,571msnm (INEGI, 2021).

Ilustración 1.

Ubicación de la región Oriente-Huamantla



Nota: Adaptado con datos de INEGI (2024).

2.1.2. Condiciones Climáticas Generales

De acuerdo al sistema de clasificación climática de Köppen utilizado en el mundo, y modificado por García (1998) la región oriente cuenta con parte del clima de:

Templado subhúmedo [C(wo), C(w1) y C(w2)]: la temperatura media anual entre 12°C y 18°C, la temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y la temperatura del mes más caliente bajo 22°C. La precipitación en el mes más seco es menor de 40 mm; las lluvias de verano con un promedio total menor de 43.2 mm y un porcentaje de precipitación invernal del 5% al 10.2% del total anual.

Semifrío subhúmedo [Cb'(w2)]: con verano fresco largo, temperatura media anual entre 5°C y 12°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C, temperatura del mes más caliente bajo 22 °C. La precipitación en el mes más seco es menor de 40 mm; lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5 al 10.2% del total anual.

Frío [E(T)CHw]: la temperatura media anual entre -2°C y 5°C, temperatura del mes más frío sobre 0°C y temperatura del mes más caliente entre 0°C y 6. 5° C. Con lluvias de verano.

Semiárido templado [BS1kw]: la temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C, temperatura del mes más caliente menor de 22°C. Las lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.

2.1.3. Tipos de Suelo

La edafología de la región es muy importante, pues de ellos depende la vegetación, la actividad forestal, agrícola y ganadera que propicia la conservación de los suelos (Hernández Vázquez, 2010).

De acuerdo con INEGI (2007) en la región Oriente-Huamantla existen 12 tipos de suelos predominantes: regosol, durisol, arenosol, leptosol, phaeozem, fluvisol, acrisol, luvisol, cambisol, solonchak, vertisol y andosol.

La guía de interpretación de cartografía INEGI (2004) describe las características que tiene del suelo las cuales son:

1.- Regosol: son un tipo de suelo que se caracterizan por tener poco desarrollo y, por lo tanto, no presentan capas muy diferenciadas entre sí. Estos suelos se encuentran en una variedad de climas, vegetaciones y relieves. Por lo general, son claros o pobres en materia orgánica y se asemejan bastante a la roca de la que se originan. Estos suelos suelen ser someros, lo que significa que tienen poca profundidad, y su fertilidad y productividad varían considerablemente dependiendo de factores como la profundidad y la presencia de pedregosidad.

2.- Durisol: son suelos con acumulación aluvial o coluvial, conocidos por su capa endurecida regionalmente como tepetate, son muy susceptibles a la erosión hídrica y a veces están afectados por sales. Suelen dificultar el crecimiento de las raíces después de medio metro de profundidad. El uso más común de estos suelos es para pastizales naturales o inducidos, con ocasional agricultura de temporal.

3.- Arenosol: son un tipo de suelo que se caracteriza por su alta proporción de arena, representando al menos el 65% de la textura del suelo en el primer metro de profundidad. Las características principales de los Arenosoles incluyen su alta permeabilidad y su baja capacidad para retener agua y almacenar nutrientes.

4.- Leptosol: son un tipo de suelos que se encuentran en todos los climas y con muy diversos tipos de vegetación, se caracterizan por su profundidad menor de 10 centímetros, limitada por la presencia de roca, tepetate o caliche endurecido, su fertilidad natural y la susceptibilidad a la erosión es muy variable dependiendo de otros factores ambientales. El uso de estos suelos depende principalmente de la vegetación que los cubre.

5.- Phaeozem: son un tipo de suelos generalmente desarrollados en relieves planos que en alguna parte del año se inundan en su superficie. Son medianamente profundos en su mayoría, entre 50 y 100 cm, y se encuentran principalmente en los climas templados y semiáridos. Presentan una capa superficial fértil seguida por una capa subyacente infértil y relativamente delgada, compuesta por un material

claro y menos arcilloso. Debajo de esta capa se encuentra un subsuelo muy arcilloso, roca o tepetate, todos ellos impermeables.

6.- Fluvisol: son un tipo de suelos pocos desarrollados y medianamente profundos, con una estructura débil o suelta. Presentan capas alternadas de arena con piedras o gravas redondeadas, resultado de la acción de la corriente y las crecidas del agua en los ríos. Los usos y rendimientos de los Fluvisoles dependen de la subunidad específica a la que pertenecen. Los Fluvisoles mólicos y calcáricos son los más apreciados en la agricultura, ya que tienen una mayor disponibilidad de nutrientes para las plantas.

7.- Acrisol: se caracterizan por tener acumulación de arcilla en el subsuelo, presentar colores rojos, amarillos o amarillos claros con manchas rojas, ser muy ácidos y pobres en nutrientes. En condiciones naturales, suelen estar cubiertos por vegetación de selva o bosque. En la agricultura, se utilizan con rendimientos muy bajos, excepto para cultivos de frutales tropicales como cacao, café o piña, que pueden tener rendimientos medios a altos. En la ganadería, se utilizan con pastos inducidos o cultivados. Sin embargo, su uso más adecuado es para la conservación forestal.

8.- Luvisol: son suelos con acumulación de arcilla que se encuentran en zonas templadas o tropicales lluviosas, con una vegetación natural de bosque o selva. Se destinan principalmente a la agricultura, con rendimientos variables según el cultivo, y también pueden ser aprovechados en la ganadería y la industria maderera. Sin embargo, su alta susceptibilidad a la erosión requiere un manejo cuidadoso para su conservación a largo plazo.

9.- Cambisol: son suelos jóvenes y poco desarrollados que se encuentran en una amplia gama de entornos, excepto en zonas áridas. Tienen una variedad de usos y sus rendimientos son variables, dependiendo del clima. Sin embargo, su susceptibilidad a la erosión requiere un manejo cuidadoso para su conservación a largo plazo.

10.- Solonchak: se encuentran principalmente en zonas donde se acumula salitre, como lagunas costeras, lechos de lagos y áreas bajas de valles y llanuras en regiones secas del país. El uso agrícola de los Solonchaks está limitado a cultivos resistentes a las sales o en casos donde se ha reducido la concentración de sal mediante lavado del suelo. En la ganadería, su uso depende del tipo de pastizal presente, aunque los rendimientos suelen ser bajos debido a las condiciones salinas del suelo.

11.- Vertisol: se destacan por su estructura masiva y su alto contenido de arcilla, la cual tiene la particularidad de expandirse en condiciones húmedas, formando superficies de deslizamiento conocidas como facetas. Además, debido a su capacidad de colapsar en condiciones secas, pueden formar grietas en la superficie o a cierta profundidad. Los Vertisoles tienen un uso agrícola muy extenso, variado y productivo. Aunque son suelos muy fértiles, su dureza dificulta la labranza agrícola. Sin embargo, en estos suelos se produce la mayor parte de cultivos.

12.- Andosol: Son suelos de origen volcánico compuestos principalmente de ceniza, que contiene un alto contenido de alófono, lo que le confiere al suelo ligereza y untuosidad. Estos suelos suelen ser de colores oscuros y tienen una alta capacidad de retención de humedad. En condiciones naturales, presentan vegetación de bosque o selva. Sin embargo, suelen tener bajos rendimientos agrícolas debido a su capacidad para retener el fósforo, que no puede ser absorbido eficientemente por las plantas.

2.1.4. Características del Relieve

El relieve es una característica fundamental del paisaje terrestre que comprende las diversas formas y estructuras de la superficie de la región. Este factor geomorfológico influye significativamente en procesos naturales como la erosión, el drenaje de agua, la distribución de la vegetación y la formación de suelos, así como en actividades humanas como la agricultura, la urbanización y la planificación territorial.

La región oriente cuenta con lomeríos, llanuras, valles, montañas y otros como se señala en la Cuadro 2 (IG-INE, 2003).

Cuadro 2.

Caracterización del relieve en la región Oriente-Huamantla

Tipos de relieve	Área en km²
Lomeríos	35.495
Montaña	302.791
Valle	278.36
Llanura	113.019
Otros	429.784
Total	1159.455

Nota: Adaptado con datos de IG-INE (2024).

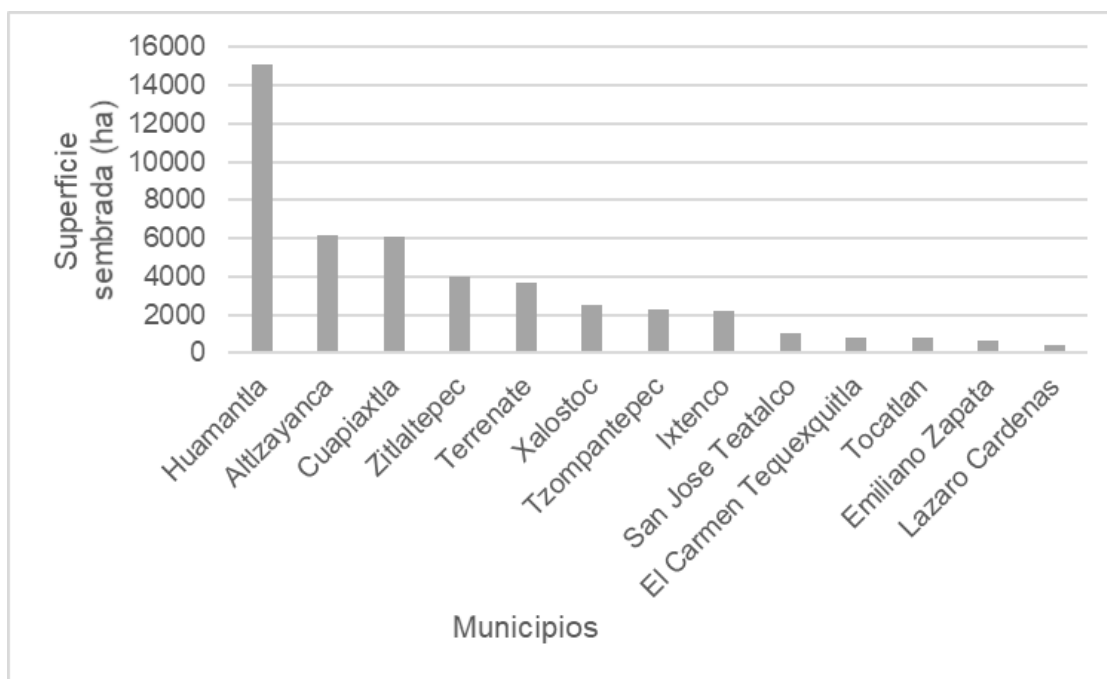
2.1.5. Producción Agrícola

La población que se dedica a actividades relacionadas con el campo obtiene sus ingresos económicos de este mismo (Hernández Vázquez, 2010). La actividad agrícola en la región Oriente-Huamantla es importante ya que es la principal región en producir más maíz de temporal en el estado de Tlaxcala.

La región Oriente-Huamantla muestra una superficie sembrada total de maíz de temporal que alcanza las 45,772.4 ha. Entre los municipios que destacan en esta actividad, Huamantla es la principal con 15,081.50 ha sembradas, seguido por Atltzayanca con 6,180.698 ha y Cuapiaxtla con 6,071.63 ha. Por otro lado, los municipios con menor superficie sembrada son cuatro, Lázaro Cárdenas con 447.815 ha, Emiliano Zapata con 660.833 ha, Tocatlán con 790.79 ha y El Carmen con 835.733 ha (Ilustración 2)

Ilustración 2.

Caracterización de la superficie sembrada de maíz de temporal en la región Oriente-Huamantla

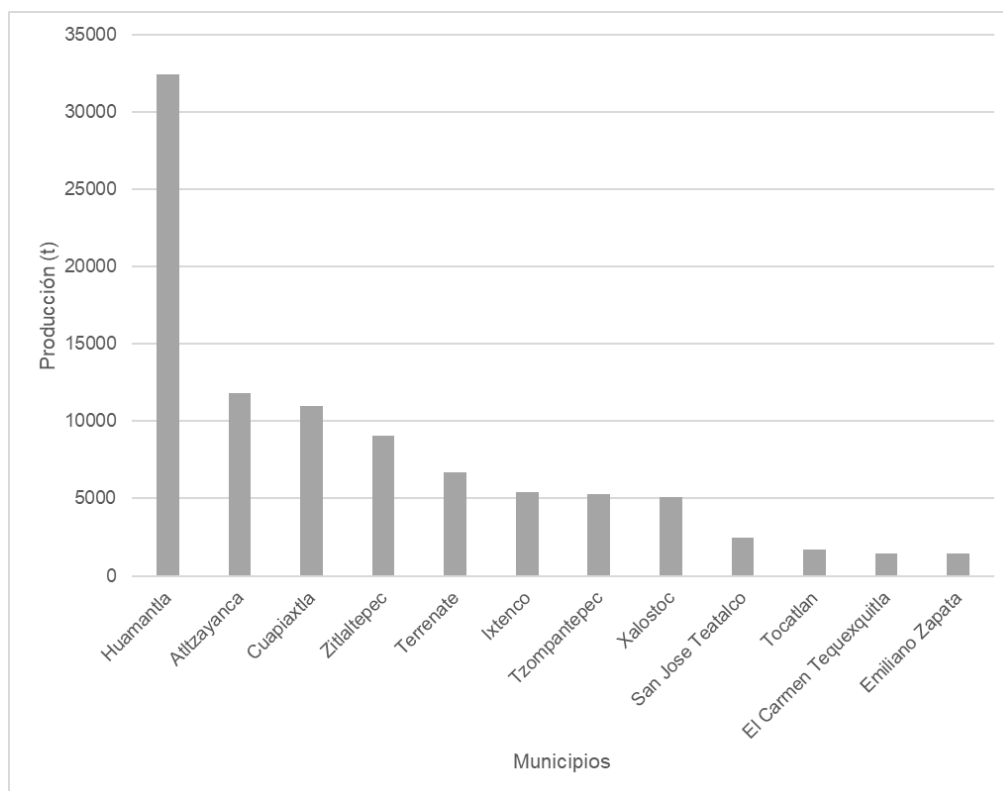


Nota: Adaptado con datos del SIAP (2024).

En la Ilustración 3 se describe la producción total anual de maíz de temporal en la región Oriente asciende a 94,716.09 t en promedio. Destacando, Huamantla como el municipio principal en producción con 32,441.34 t, seguido por Atltzayanca con 11,832.409 t y Cuapiaxtla con 11,014.24033 t. En contraste, Lázaro Cárdenas registra la menor producción anual con 864.827 t.

Ilustración 3.

Caracterización de la producción del maíz de temporal en la región Oriente-Huamantla

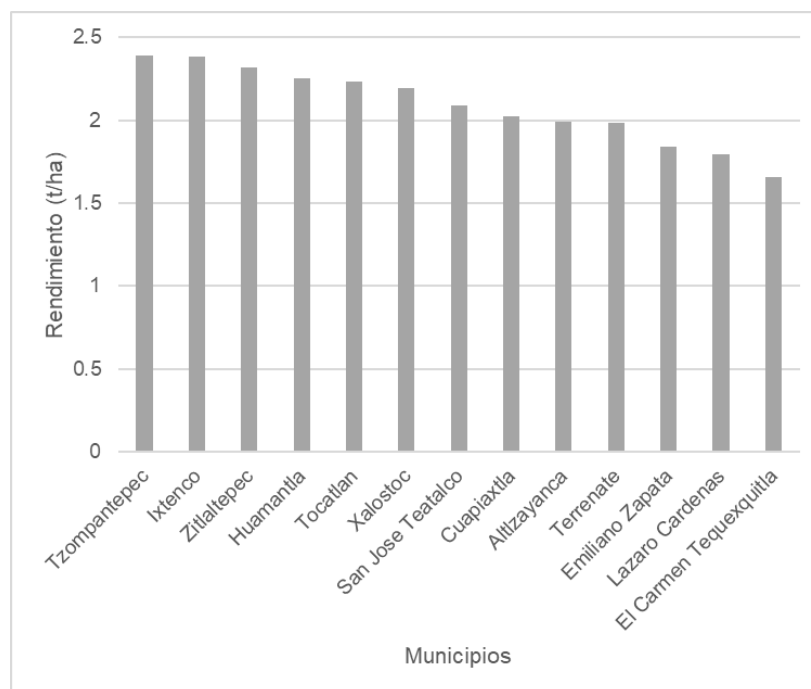


Nota: Adaptado con datos del SIAP (2024).

El rendimiento promedio en la región Oriente-Huamantla se sitúa en 2.06 t/ha. Destacan cuatro municipios por sus altos rendimientos, Tzompantepec con 2.39 t/ha, Ixtenco con 2.38 t/ha, Zitlaltepec con 2.31 t/ha y Huamantla con 2.25 t/ha. Por el contrario, los municipios con los rendimientos más bajos son El Carmen Tequexquitla con 1.65 t/ha y Lázaro Cárdenas con 1.79 t/ha (Ilustración 4).

Ilustración 4.

Caracterización del rendimiento del maíz de temporal en la región Oriente-Huamantla

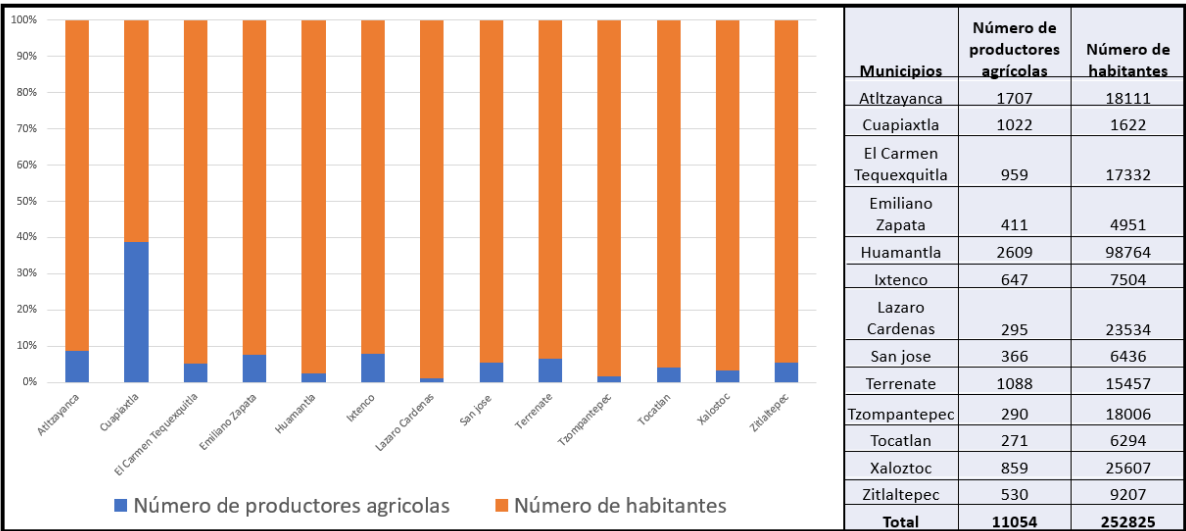


Nota: Adaptado con datos del SIAP (2024).

2.1.6. Productores Agrícolas

La región Oriente-Huamantla cuenta con 11,054 productores agrícolas, de una población total de 252,825 habitantes es decir que el 4.37% son productores agrícolas (CONEVAL y SADER, 2024). De estos 13 municipios que conforman la región, el municipio de Cuapiaxtla es el más alto en porcentaje teniendo el 39% de productores agrícolas mientras que los 12 restantes no sobrepasan el 10% (Ilustración 5).

Ilustración 5.
Caracterización de productores agrícolas en la región Oriente-Huamantla



Nota: Adaptado con datos del CONEVAL y SADER (2024).

2.2.1. Marco Referencial

2.2.1.1. Marco Político-Constitucional.

2.2.1.1.1. Ley Agraria. La Ley Agraria promulgada por Venustiano Carranza el 6 de enero de 1915 tenía como objetivo principal la restitución y dotación de tierras a los pueblos y comunidades indígenas de México, en respuesta a una de las demandas principales de la Revolución Mexicana. Esta ley buscaba devolver a los pueblos las tierras de las que habían sido despojados, considerándolo un acto de justicia elemental y una medida efectiva para asegurar la paz y promover el bienestar de las clases pobres del país (CPEUM, 1917).

La ley establecía que aquellos pueblos que carecieran de tierras comunales, conocidas como ejidos, podrían solicitar que se les dotara de terrenos suficientes para reconstituir sus comunidades de acuerdo a sus necesidades de población. Para lograr esto, se contemplaba la expropiación de tierras por parte del gobierno nacional, con el fin de garantizar la disponibilidad de tierras suficientes para estos propósitos.

Titulo quinto

De la pequeña propiedad individual de tierras agrícolas, ganaderas y forestales

Artículo 116.- Para los efectos de esta ley, se entiende por:

Tierras agrícolas: los suelos utilizados para el cultivo de vegetales.

Tierras ganaderas: los suelos utilizados para la reproducción y cría de animales mediante el uso de su vegetación, sea esta natural o inducida.

Tierras forestales: los suelos utilizados para el manejo productivo de bosques o selvas.

Se reputan como agrícolas las tierras rústicas que no estén efectivamente dedicadas a alguna otra actividad económica.

Artículo 117.- Se considera pequeña propiedad agrícola la superficie de tierras agrícolas de riego o humedad de primera que no exceda los siguientes límites o sus equivalentes en otras clases de tierras:

100 hectáreas si se destina a cultivos distintos a los señalados en las fracciones II y III de este artículo;

150 hectáreas si se destina al cultivo de algodón;

300 hectáreas si se destina al cultivo de plátano, caña de azúcar, café, henequén, hule, palma, vid, olivo, quina, vainilla, cacao, agave, nopal o árboles frutales.

Artículo 118.- Para efectos de la aplicación de los límites de la pequeña propiedad, cuando un mismo individuo sea propietario de tierras agrícolas de distinta clase o las destine a diferentes cultivos, se sumarán todas ellas de acuerdo a sus equivalencias y al cultivo respectivo.

En los predios dedicados a las actividades previstas en las fracciones II y III del artículo 117, podrán intercalarse otros cultivos,

sin que por ello dejen de aplicarse los límites previstos para dichas actividades.

Para los efectos de esta ley, se consideran árboles frutales las plantas perennes de tronco leñoso productoras de frutos útiles al hombre.

Para efectos de la equivalencia a que se refiere este artículo, se computará una hectárea de riego, por dos de temporal, por cuatro de agostadero de buena calidad, por ocho de monte o agostadero en terrenos áridos.

2.2.1.1.2. Ley Agrícola para el Estado de Tlaxcala. El Congreso del Estado de Tlaxcala (2000) estableció la Ley Agrícola del Estado de Tlaxcala, con el objetivo principal de promover el desarrollo sustentable de las actividades agrícolas. Esta ley busca mantener un equilibrio con el proceso de urbanización e industrialización, así como con los programas de desarrollo rural integral. Su enfoque se centra en aumentar la eficiencia, productividad y competitividad agrícola mediante el uso óptimo de los recursos naturales, la aplicación de tecnología en las unidades de producción y la consideración de las condiciones socioeconómicas de los productores.

Titulo primero

Objetivo y materia de esta ley

Capítulo I: Disposiciones generales

Artículo 1.- Las disposiciones de esta Ley son de orden público y de observancia general en el Estado y tienen por objeto establecer:

I.- Las bases para lograr un desarrollo sustentable de las actividades agrícolas en equilibrio con el proceso de urbanización, desarrollo industrial y los programas integrales de desarrollo rural, con el propósito de incrementar su eficiencia, productividad y competitividad mediante el uso óptimo y racional de los recursos naturales, la

adopción de la tecnología en las unidades de producción y la consideración de las condiciones socioeconómicas de los productores;

II.- El marco de la participación del Estado, los municipios, las organizaciones de productores, el sector privado y la sociedad en general, en el fomento, investigación, promoción y protección de la producción agrícola, así como de su comercialización;

III.- Los mecanismos de coordinación entre los tres niveles de Gobierno con los trabajadores, productores, técnicos, servidores públicos y comercializadores agrícolas; y,

IV.- Las estructuras de participación, creando para ello foros de consulta por comités Sistema-Producto y consejos consultivos municipales y distritales en donde sean expuestas las demandas y posibles soluciones de los agricultores en la preservación, desarrollo e impulso de la agricultura.

2.2.1.1.3. Ley General de Cambio Climático. La Ley General de Cambio Climático publicada en el año 2012, tiene como objetivo principal promover una respuesta integral y coordinada ante el cambio climático en México, involucrando a diferentes actores y fomentando la concientización y la acción colectiva en este ámbito (LGCC, 2012).

Título primero

Disposiciones generales

Capítulo único

Artículo 1.- La presente ley es de orden público, interés general y observancia en todo el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción y establece disposiciones para enfrentar los efectos adversos del cambio climático. Es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política

de los Estados Unidos Mexicanos en materia de protección al ambiente, desarrollo sustentable, preservación y restauración del equilibrio ecológico.

Artículo 2.- Esta Ley tiene por objeto:

- I. Garantizar el derecho a un medio ambiente sano y establecer la concurrencia de facultades de la federación, las entidades federativas y los municipios en la elaboración y aplicación de políticas públicas para la adaptación al cambio climático y la mitigación de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero;
- II. Regular las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero para que México contribuya a lograr la estabilización de sus concentraciones en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático considerando, en su caso, lo previsto por el artículo 2o. de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y demás disposiciones derivadas de la misma;
- III. Regular las acciones para la mitigación y adaptación al cambio climático;
- IV. Reducir la vulnerabilidad de la población y los ecosistemas del país frente a los efectos adversos del cambio climático, así como crear y fortalecer las capacidades nacionales de respuesta al fenómeno;
- V. Fomentar la educación, investigación, desarrollo y transferencia de tecnología e innovación y difusión en materia de adaptación y mitigación al cambio climático;
- VI. Establecer las bases para la concertación con la sociedad;
- VII. Promover la transición hacia una economía competitiva, sustentable, de bajas emisiones de carbono y resiliente a los

fenómenos hidrometeorológicos extremos asociados al cambio climático, y

VIII. Establecer las bases para que México contribuya al cumplimiento del Acuerdo de París, que tiene entre sus objetivos mantener el aumento de la temperatura media mundial por debajo de 2 °C, con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir con los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1.5 °C, con respecto a los niveles preindustriales, reconociendo que ello reduciría considerablemente los riesgos y los efectos del cambio climático.

2.2.1.1.4. Ley de Cambio Climático para el Estado de Tlaxcala. La Ley de Cambio Climático para el estado de Tlaxcala, promulgada en 2023, establece un marco legal para implementar acciones concretas destinadas a reducir los impactos negativos del cambio climático. Su objetivo es fortalecer la capacidad de la sociedad y los ecosistemas locales para enfrentar y adaptarse a los cambios climáticos presentes y futuros (LGCC, 2023).

Título primero

Disposiciones generales

Capítulo único

Artículo 1.- La presente Ley es de orden público e interés general, sus disposiciones son de observancia en el Estado de Tlaxcala, y tiene por objeto establecer las disposiciones y políticas públicas que permitan la mitigación, adaptación y resiliencia al cambio climático.

Artículo 2.- Son objetivos específicos de la presente Ley:

- I. Garantizar el derecho de toda persona a un ambiente sano para su desarrollo y bienestar;

II. Definir los principios, instrumentos y órganos para la formulación, conducción y evaluación de la política estatal en materia de Cambio Climático;

III. Establecer las competencias, facultades y atribuciones del Estado y los municipios, para la elaboración, implementación y evaluación de políticas públicas de mitigación, adaptación y resiliencia al cambio climático; así como las bases de coordinación entre dichas autoridades con los demás órdenes de gobierno y otras entidades federativas;

IV. Fomentar, regular, dirigir e instrumentar las acciones para la mitigación, adaptación y resiliencia al cambio climático;

V. Desarrollar las medidas y acciones para reducir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia de la población y los ecosistemas del Estado ante los efectos adversos del cambio climático, considerando los sectores prioritarios que provean servicios ecosistémicos y medios de vida, así como crear y fortalecer capacidades estatales en esta materia;

VI. Fomentar la educación, investigación, desarrollo, transferencia de tecnología e innovación, divulgación y difusión en materia de adaptación, mitigación y resiliencia al cambio climático en el Estado;

VII. Garantizar la participación informada de la población del Estado, considerando a las juventudes, niñez, pueblos indígenas, pueblos afroamericanos, comunidades locales, migrantes, personas con discapacidad, personas en situación de vulnerabilidad, de manera individual o colectiva, en materia del cambio climático, promoviendo el respeto a los derechos humanos, el derecho a la salud, al desarrollo, perspectiva de género y equidad intergeneracional;

VIII. Generar los mecanismos para el ejercicio de los actos de inspección y vigilancia que permitan garantizar el cumplimiento y la

observancia de la presente Ley y de las disposiciones que de ella deriven, así como para la imposición de medidas de seguridad y las sanciones administrativas que, en su caso, resulten aplicables;

IX. Promover la transición hacia una economía competitiva, sustentable, de bajas emisiones de carbono y resiliente a los efectos adversos del cambio climático, y

X. Establecer las bases de coordinación para la participación en el Fondo Estatal de Protección al Ambiente.

2.2.1.2. Marco Legal Administrativo.

2.2.1.2.1. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Según lo publicado en el Diario Oficial de la Federación el 29 de julio de 2022, la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural emitió el Manual de Organización General, señalando que la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) tiene como áreas de atención prioritarias la conservación y aprovechamiento sustentable de los ecosistemas y su biodiversidad, la prevención y control de la contaminación, la gestión integral de los recursos hídricos y el combate al cambio climático. Estas áreas son fundamentales para promover el desarrollo sostenible y proteger el medio ambiente en México.

En línea con estos objetivos, la SEMARNAT publicó en el Diario Oficial de la Federación el Programa Especial de Cambio Climático 2021-2024 (PECC). Este programa tiene como propósito trabajar en la acción climática mediante objetivos prioritarios, estrategias y acciones concretas que serán implementadas por diversas dependencias y organismos del Gobierno de México.

El PECC establece una hoja de ruta para abordar los desafíos del cambio climático en el país, con el fin de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, promover la adaptación a los impactos climáticos y fortalecer la resiliencia de las comunidades y los ecosistemas frente a este fenómeno.

Las estrategias y acciones contempladas en el PECC abarcan diversos sectores y áreas de actividad, como la energía, la agricultura, el transporte, la industria, la vivienda, la educación y la investigación. Además, se busca promover la participación y colaboración de diferentes actores, incluyendo gobiernos estatales y municipales, sector privado, sociedad civil y comunidades locales, para lograr resultados efectivos en la lucha contra el cambio climático.

Los cuatro objetivos prioritarios del PECC son:

1.- Disminuir la vulnerabilidad al cambio climático de la población, los ecosistemas y su biodiversidad, así como de los sistemas productivos y de la infraestructura estratégica mediante el impulso y fortalecimiento de los procesos de adaptación y el aumento de la resiliencia.

Esta investigación contribuye directamente a este objetivo, ya que tiene como propósito obtener el grado de vulnerabilidad del maíz de temporal frente a la variabilidad climática en la región Oriente-Huamantla de Tlaxcala.

2.- Reducir las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero a fin de generar un desarrollo con bienestar social, bajo en carbono y que proteja la capa de ozono, basado en el mejor conocimiento científico disponible.

3.- Impulsar acciones y políticas sinérgicas entre mitigación y adaptación, que atiendan la crisis climática, priorizando la generación de cobeneficios ambientales, sociales y económicos.

4.- Fortalecer los mecanismos de coordinación, financiamiento y medios de implementación entre órdenes de gobierno para la instrumentación de la política de cambio climático, priorizando la co-creación de capacidades e inclusión de los distintos sectores de la sociedad, con enfoque de derechos humanos.

El fortalecimiento de los procesos de adaptación y el aumento de la resiliencia ante el cambio climático son fundamentales para mitigar los impactos negativos en

la población humana y en los ecosistemas. Para lograr estos objetivos, se plantean diversas estrategias que buscan reducir la vulnerabilidad, fortalecer las capacidades de adaptación y promover la resiliencia.

2.2.1.2.2. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Según lo publicado en el Diario Oficial de la Federación el 29 de julio de 2022, la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural emitió el Manual de Organización General, señalando que la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SEDER) tiene como misión promover el desarrollo integral del campo y de los mares del país, con el objetivo de aprovechar de manera sustentable sus recursos. Esto implica el fomento del crecimiento sostenido y equilibrado de las regiones rurales, la generación de empleos atractivos que favorezcan el arraigo en el medio rural, y el fortalecimiento de la productividad y competitividad de los productos agrícolas y pesqueros.

Su objetivo principal es propiciar el ejercicio de una política de apoyo que permita producir mejor, aprovechar mejor las ventajas comparativas de nuestro sector agropecuario, integrar las actividades del medio rural a las cadenas productivas del resto de la economía, y estimular la colaboración de las organizaciones de productores con programas y proyectos propios, así como con las metas y objetivos propuestos, para el sector agropecuario, en el Plan Nacional de Desarrollo.

2.2.1.2.3. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) lleva a cabo acciones a través del Programa de Concurrencia con las Entidades Federativas, en colaboración con los gobiernos estatales. Este programa implica que la SAGARPA y los gobiernos de las entidades federativas trabajen en conjunto para implementar proyectos y programas específicos que beneficien al sector agropecuario y pesquero en cada estado.

El objetivo del programa es que las unidades de producción primaria del sector agropecuario, pesquero y acuícola en las entidades federativas incrementen su productividad mediante: a) el incremento

de la infraestructura, equipamiento y maquinaria; b) mejorar el nivel tecnológico con los paquetes tecnológicos agrícolas, pecuarios, de pesca y acuícolas; y, c) fortalecer las capacidades técnico-productivas y organizacionales.

2.2.1.2.4. El Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Según lo publicado en el Diario Oficial de la Federación el 29 de julio de 2022, la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural emitió el Manual de Organización General, señalando que la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) cuenta con el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) como un órgano desconcentrado. Su responsabilidad principal es diseñar y coordinar la operación del Sistema Nacional de Información del Sector Agroalimentario y Pesquero en México.

Su objetivo principal es captar, procesar y difundir información estadística y geográfica referente a la oferta y la demanda de productos relacionados con las actividades económicas de la sociedad rural, considerando preferentemente los productos básicos y estratégicos, entre otros que determine el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP).

2.2.1.2.5. Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica. Según lo publicado en el Diario Oficial de la Federación el 29 de julio de 2022, la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural emitió el Manual de Organización General, señalando que El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) es un organismo público autónomo en México. Su responsabilidad principal radica en normar y coordinar el Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica del país. Esta labor incluye la captación, procesamiento, análisis y difusión de información relacionada con diversos aspectos de México, como el territorio, los recursos naturales, la población y la economía.

Uno de los principales objetivos es llevar a cabo el Censo Agropecuario para ofrecer estadísticas estructurales y coyunturales

de la producción de los cultivos, de las especies ganaderas y de las especies forestales.

Se concluye que estos objetivos y funciones de las secretarías son clave para abordar los desafíos relacionados con el cambio climático, el desarrollo rural y la productividad agrícola de los estados de México. Buscan disminuir la vulnerabilidad de la población, ecosistemas, sistemas productivos e infraestructura frente al cambio climático, mediante el fortalecimiento de procesos de adaptación y aumento de la resiliencia propiciando una política de apoyo que mejore la producción y aprovechamiento de las ventajas comparativas del sector agropecuario, integrando las actividades del medio rural a las cadenas productivas y promoviendo la colaboración de las organizaciones y los productores.

Este trabajo incide directamente en diversos marcos legales, políticos y administrativos relacionados con el cambio climático y la agricultura de temporal. Esta investigación se alinea con los objetivos establecidos en la Ley General de Cambio Climático (2012) que busca mitigar los efectos adversos del cambio climático y fomentar políticas de adaptación, como las que se proponen para el sector agrícola en el país. En particular, la investigación contribuye al objetivo de disminuir la vulnerabilidad de los ecosistemas y los sistemas productivos, al generar información clave sobre los impactos de la variabilidad climática en los cultivos de maíz de temporal, lo que es fundamental para fortalecer la problemática en la región.

De igual manera se conecta con la Ley Agraria (1915) que promueve la restitución y dotación de tierras a comunidades rurales e indígenas, y que subraya la importancia de garantizar la sostenibilidad agrícola frente a desafíos como el cambio climático. Además, la Ley Agrícola para el Estado de Tlaxcala (2000) que fomenta el desarrollo sustentable del sector agrícola, se ve complementada por este estudio, ya que la evaluación de la vulnerabilidad del maíz de temporal proporciona información valiosa para mejorar la eficiencia y competitividad agrícola en la región, particularmente en contextos de cambio climático.

La Ley de Cambio Climático para el Estado de Tlaxcala (2023) también es relevante en este contexto, ya que establece políticas públicas orientadas a la

adaptación y mitigación de los efectos del cambio climático. La investigación contribuye directamente a estos objetivos al ofrecer un análisis detallado sobre cómo la variabilidad climática afecta la producción agrícola de temporal de la región Oriente de Tlaxcala, especialmente el maíz de temporal, un cultivo clave para la seguridad alimentaria de la región. Además, esta ley busca promover la educación y la transferencia de tecnología para enfrentar los efectos del cambio climático.

A nivel administrativo, este trabajo se vincula con el Programa Especial de Cambio Climático (PECC), impulsado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), el cual tiene como uno de sus objetivos clave el fortalecimiento de la adaptación y la resiliencia frente a los impactos del cambio climático. Los resultados de esta investigación pueden proporcionar datos cruciales que ayuden a la formulación de políticas públicas más efectivas para reducir la vulnerabilidad del sector agrícola en Tlaxcala. De igual manera se puede contribuir a las acciones promovidas por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), que busca mejorar la productividad agrícola y la competitividad del sector en el contexto de un cambio climático creciente. Los datos derivados del estudio de la vulnerabilidad del maíz de temporal pueden apoyar la identificación de áreas de alto riesgo y, en consecuencia, ayudar en la elaboración de estrategias de adaptación específicas.

Finalmente, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), así como el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) y el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), desempeñan un papel clave en la recopilación y difusión de datos relevantes sobre la agricultura y los recursos naturales. Este trabajo contribuirá a la creación de una base de datos más sólida que apoye la toma de decisiones en las políticas agrícolas y climáticas del estado, promoviendo un enfoque integral para la gestión de los recursos agrícolas en un contexto de cambio climático.

III. MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL

3.1. Bases Conceptuales

3.1.1. Maíz

El maíz Ilustración como uno de los cereales más significativos y ampliamente producidos a nivel mundial, debido a su versatilidad en múltiples usos, ya sea como alimento, pienso, forraje o en diversos procesos industriales. Aunque su producción está extendida globalmente, son unos pocos países los que dominan el suministro mundial. En el año 2018, los principales productores de maíz fueron Estados Unidos de América del Norte, China, Brasil, Argentina, Ucrania, Indonesia, India y México (Jacobs et al., 2022).

En México, el cultivo del maíz desempeña un papel crucial en el ámbito social, pues constituye el alimento principal en la dieta y es fundamental en el consumo diario de las familias. Su relevancia se remonta a la época prehispánica, cuando se le atribuía un significado divino. En la actualidad, mantiene importancia económica por su impacto como la principal plantación básica del país. De acuerdo con datos del SIAP (2024), en 2022 se sembraron 5,474,680.37 hectáreas de maíz, con una producción de 13,788,824.03 toneladas. Este cultivo también cumple funciones esenciales en los ámbitos industrial, político y tradicional, como lo documentan investigaciones previas (Aceves-Navarro et al., 2008; Santiago-Jerónimo, 2009; Orozco-Bolaños et al., 2017).

El maíz es un cultivo tradicional y fundamental para la alimentación en México debido a su valor nutricional. De acuerdo con González-Cortés et al. (2016, pp. 674-676); Urango (2018, pp. 192-202) y Tobón Gómez et al. (2020, pp. 16-17), cada 100 gramos de maíz aportan una serie de nutrientes esenciales. Estos incluyen entre 86 y 109 gramos de calorías, 15 a 18.3 gramos de carbohidratos, 0.8 a 2.8 gramos de grasa, 1.2 a 3.2 gramos de proteínas, 270 mg de potasio, ácido fólico, magnesio, zinc, y vitaminas del grupo B, especialmente B1 y B3. Además, el maíz contiene de 3.8 a 5.5 gramos de fibra, que es una importante fuente que ayuda a regular la digestión y los niveles de colesterol y glucosa en sangre. El maíz también cuenta con dos antioxidantes, la zeaxantina y la luteína, que desempeñan un papel crucial

en la salud ocular y cutánea, protegiendo los ojos de los daños causados por la luz solar y previniendo el envejecimiento de la piel.

En México, el cultivo de maíz bajo temporal es el predominante, ya que representa aproximadamente el 80 % de la superficie sembrada a nivel nacional (SIAP, 2024), tendencia similar a la de otros países latinoamericanos con escaso acceso al riego (FAO, 2021).

La siembra del maíz puede realizarse de manera manual o con maquinaria, dependiendo de las preferencias regionales, el tipo de grano y el uso final que el agricultor desee darle. La semilla se coloca en el surco a una profundidad de cinco centímetros, dejando una distancia de 20 a 25 centímetros entre cada semilla para garantizar suficiente espacio durante su crecimiento. Normalmente, se cultiva con una separación entre surcos de 50 a 120 centímetros. La planta de maíz se adapta a una variedad de suelos, especialmente aquellos ligeros, ácidos y profundos, con un pH que oscila entre 5.5 y 7. Fuera de estos límites, pueden surgir problemas de toxicidad por ciertos elementos. Para una fructificación óptima, se prefieren suelos ricos en materia orgánica. La temperatura ideal durante su crecimiento va de 18°C a 32°C. El requerimiento hídrico a lo largo de su ciclo oscila entre 500 y 1300 milímetros de precipitación (Aguilar-Ávila y Ávalos-Gutiérrez, 2013, p.12; Hernández Vázquez et al., 2019, pp. 93-95 y Ortigoza Guerrero et al., 2019, pp. 19-20).

Las prácticas de labranza juegan un papel fundamental en la obtención de altos rendimientos en el cultivo de maíz de temporal, como señala Castellón Gómez (1989) cuando el suelo es preparado con arado de vertedera, se pueden obtener rendimientos más elevados en comparación con el uso de rastra u otros implementos secundarios. El arado de vertedera crea un suelo más profundo, lo que resulta ideal para el desarrollo de las raíces del maíz, como mencionan Ávila et al. (2014, p. 18) la mayoría de las raíces de absorción se localizan entre los primeros 40 a 60 centímetros del perfil del suelo, lo que proporciona a la planta condiciones óptimas en términos de humedad, fertilidad y temperatura para su desarrollo.

La región Oriente-Huamantla del estado de Tlaxcala, compuesta por 13 municipios, se destaca por ser la principal productora de maíz de temporal. En el

año 2022, esta región alcanzó una producción de 107,096.683 toneladas (SIAP, 2024).

3.1.2. Variabilidad Climática en el Maíz

Una de las características principales de la agricultura de temporal del maíz es su producción y rendimientos, los cuales están fuertemente influenciados por la variabilidad climática que se presenta anualmente.

El clima de la Tierra ha experimentado variaciones naturales a lo largo de su historia, asociadas con ciclos de miles de años, como las glaciaciones (IPCC, 2021). Sin embargo, en las últimas décadas las actividades antropogénicas han intensificado este proceso, ocasionando un cambio climático caracterizado por un aumento en la variabilidad y en los eventos extremos a nivel global (Cruz-González et al., 2024).

La variabilidad climática se manifiesta en la ocurrencia de anomalías o condiciones extremas, tales como desequilibrios en las precipitaciones, ondas de calor más intensas y frecuentes, disminuciones atípicas de temperatura y mayores velocidades de viento (Moreno Sánchez y Urbina Soria, 2008). Las regiones agrícolas temporales de maíz perciben un mayor impacto de la variabilidad climática propiciando otros factores como, plagas, enfermedades, infertilidad del suelo e insuficiencia de agua que dañan el rendimiento del cultivo elevando los precios del maíz (Cruz-González et al., 2024).

Las regiones agrícolas de temporal dedicadas al maíz son especialmente vulnerables a los eventos extremos, que propician la aparición de plagas, enfermedades, infertilidad del suelo e insuficiencia de agua, factores que reducen el rendimiento del cultivo y elevan los precios del grano (Cruz-González et al., 2024).

3.1.3. Eventos Climáticos Extremos

Los eventos extremos climáticos se consideran manifestaciones inusuales de las condiciones climáticas, que incluyen cambios de temperatura, precipitaciones intensas o prolongadas periodos de sequía, y que pueden afectar las actividades relacionadas con los patrones meteorológicos. Una de las más vulnerables es la

agricultura de temporal de maíz, cuyo rendimiento y producción pueden verse comprometidos, impactando los medios de sustento alimenticio y económico (Hernández Vázquez, 2010).

Los eventos climáticos extremos que más impactan a la agricultura de temporal del maíz son las heladas, sequías y lluvias intensas.

3.1.3.1. Heladas. De acuerdo con Grassi Cantero (1983, p. 3); WMO (1992) y Barriandos Vallvé (2005) las heladas son un fenómeno meteorológico cercano a la superficie del terreno que se da cuando se combinan algunos escenarios como el descenso de la temperatura del aire a un valor igual o menor a 0°C al punto de congelación del agua durante un lapso mayor a ocho horas

Grassi Cantero (1983) sostiene que las heladas son fenómenos ambientales que más daño hacen interrumpiendo el crecimiento de los cultivos y poniendo en riesgo su producción y fructificación.

El sector agrícola de temporal se ve gravemente afectado por las heladas, que suelen ocurrir durante las noches de invierno. Estas se producen cuando el suelo pierde calor hacia la atmósfera, lo que provoca que la temperatura cerca del suelo baje hasta 2 °C o menos. Matías et al. (2021) también mencionan que existen tres tipos diferentes de heladas:

1. Las heladas por advección que son las más frecuentes en otoño e invierno y se forman a partir de grandes masas de aire frío de origen continental.
2. Las heladas por radiación que se producen en primavera, otoño e invierno, caracterizándose por su pérdida considerable de calor del suelo por las noches.
3. Las heladas por evaporación, su aparición solo se da en otoño e invierno originándose con una humedad baja en el aire cerca del suelo, si llega aire seco aumenta más causando que el agua sobre las plantas se evapore y cause su enfriamiento.

3.1.3.2. Sequías. Las sequías es un fenómeno meteorológico existente en los ciclos climáticos naturales que se presenta de forma lenta y es poco notoria, puede durar meses dando como resultado déficit de agua generando insuficiente disponibilidad afectando las necesidades de los elementos bióticos y locales como la falta de caudal en los ríos y dando un gran impacto en la agricultura de temporal (García Marín, 2008; Colotti y Montañez, 2013 y Hernández Vázquez et al., 2019).

Hernández Vázquez et al. (2019, p. 49) señalan que las sequías son el fenómeno que más afecta al cultivo del maíz de temporal, en México durante el periodo de 1997 a 1998 se presentó una sequía lo que ocasionó una pérdida de más de tres millones de toneladas de maíz causando daños próximos a los 460 millones de dólares.

Este fenómeno puede ocasionar daños graves a la población repercutiendo directamente a la economía agrícola y aún más afectando aquellos agricultores que solo dependen de esta entrada económica (Knutson et al., 1998).

La insuficiencia del agua por un tiempo largo puede afectar de forma grave a la planta y si en este mismo tiempo se presenta una disminución de temperatura menor a 0°C termina con el cultivo inmediatamente.

3.1.3.3. Lluvias Intensas. Las lluvias intensas son aquellos fenómenos de precipitaciones que puede traducirse en acumulados iguales o superiores que a los 60 litros por metro cuadrado en el transcurso de una hora que producen problemas en el ambiente como inundaciones, desbordamientos y pérdida del suelo (Neri Vidaurre, 2004, p. 33; Murray, 2008 y Zúñiga y Magaña, 2018, p. 3).

3.1.4. Vulnerabilidad del Maíz

Diferentes investigaciones en México muestran que la principal vulnerabilidad son los impactos de la variabilidad climática en la agricultura del maíz de temporal. Los resultados de cada investigación son diferentes, pero coinciden que hay una estrecha relación entre los desequilibrios de producción que se presentan provocados por las variaciones de lluvias y temperaturas, factores decisivos para los agroecosistemas.

En el Estado de Oaxaca se presentó una investigación de evaluación del riesgo por la variabilidad climática donde Neri Vidaurri (2004) sostiene que las sequías ocasionan 62.5% de probabilidades de obtener rendimientos medios, es decir no es vulnerable a este evento. Sin embargo, otra investigación en El Distrito de Desarrollo Rural 073 (DDR 073) Toluca, México sostiene que el exceso de lluvias está afectando algunas zonas de cultivo especialmente donde se superan los 1000 mm, la severidad del problema de la vulnerabilidad aumentará (Reyes Anistro et al., 2018).

Otro estudio en El DDR Toluca, pero ahora con la presencia de temperaturas por debajo de los 4°C, los resultados obtenidos son la disminución de las superficies de este cultivo, estimando en 3,511 ha cuyos municipios más vulnerables fueron Almoloya de Juárez con 32.2% de extensión afectada y Zinacantepec 17.6% de extensión afectada (Jasso-Miranda et al., 2022).

En Tlaxcala, un estudio realizado por Hernández Vázquez (2010) muestra la vulnerabilidad en dos municipios territorialmente continuos que se encuentran juntos, Ixtacuixtla perteneciente al DDR 164 y Españita al DDR 163, encontró que la probabilidad de vulnerabilidad en heladas en Españita fue de 50% de obtener rendimientos medios y 50% de probabilidades de obtener rendimientos bajos, es decir, que es vulnerable a estos eventos, mientras que en Ixtacuixtla se obtuvo 70% de probabilidad de obtener rendimientos medios y 25% de obtener rendimientos bajos, es decir que no es vulnerable a estos eventos.

Otro estudio realizado en el municipio de Tlaxco perteneciente a el DDR 163 muestra 62.5% de probabilidades de obtener rendimientos medios y 25% de probabilidad de obtener rendimientos bajos, es decir, que no es vulnerable a estos eventos (Carmona Martínez, 2022).

Respecto a la vulnerabilidad por sequias Hernández Vázquez (2010) muestra en Españita 75% de probabilidad de obtener rendimientos medios, es decir, que no vulnerable a este evento. Sin embrago, el municipio de Ixtacuixtla, muestra un 50% de probabilidad de obtener rendimientos bajos, es decir, es vulnerable a este evento, mismos resultados obtenidos en Tlaxco por Carmona Martínez (2022)

donde señala 50% de probabilidades de obtener rendimientos medios, es decir, que es vulnerable a estos eventos.

La vulnerabilidad por lluvias intensas. Hernández Vázquez (2010) señala que el municipio de Españita tiene un 50% de probabilidad de obtener rendimientos medios, lo que indica una vulnerabilidad ante este tipo de eventos. En contraste, Ixtacuixtla presenta un 75% de probabilidad de lograr rendimientos medios, lo que sugiere una menor vulnerabilidad. De manera similar, Tlaxco muestra un 75% de probabilidad de alcanzar rendimientos medios, reflejando también baja vulnerabilidad frente a las lluvias intensas (Carmona Martínez, 2022).

Cada investigación muestra distintos resultados de vulnerabilidad a las heladas y lluvias, independientemente si pertenecen a la misma región o no, esto se debe a los diferentes factores que participan como la altitud, la calidad de suelo, tipo de semilla y prácticas agroecológicas empleadas.

3.1.5. El Espacio Geográfico

Hablar sobre el espacio resulta intrincado, dado que constituye un elemento fundamental en la experiencia humana. Con la progresiva influencia de disciplinas como la física, la filosofía y, especialmente, la geografía, este concepto se ha convertido en objeto de estudio en diversas dimensiones, tales como la dimensión del ser, la ubicación geográfica y el posicionamiento de los objetos. Desde la perspectiva geográfica, el concepto de espacio implica una compleja red de relaciones de coexistencia, que se describen a través de factores como la localización, la ubicación, la distancia, las superficies o zonas, la dirección, el rumbo, las áreas de influencia, el dominio, la resistencia, la forma, el tamaño, la posición ya sea centro-periferia, interno-externo, cerca-lejos, norte-sur, la distribución, la vecindad, la accesibilidad, los procesos de aglomeración y dispersión, los patrones, los nodos, los flujos y las rutas (Ramírez Velázquez y López Leví, 2015).

Según Ramírez Velázquez y López Leví (2015) la geografía concibió el espacio como un territorio terrestre durante gran parte del siglo XX. Este espacio era entendido como la combinación de procesos y elementos que distinguían un

lugar de los demás que lo rodeaban, debido a la presencia de diversas unidades geográficas como suelos, vegetación, clima, fauna, organización social y actividades económicas y sociales.

Watson introduce el concepto de espacio subjetivo como un intento de mantener el positivismo, al mismo tiempo que conserva el pensamiento matemático y lógico, tratando de reconciliar las posturas de los positivistas y los humanistas. Desde una perspectiva estructuralista en geografía, surge el concepto de espacio social, que considera los fenómenos como elementos integrales de esta estructura. Es en este punto donde se establece una conexión entre sociólogos y geógrafos. Destacados pensadores como Harvey y Santos han contribuido significativamente al desarrollo del espacio social, al incorporar y combinar teorías marxistas y estructuralistas. La combinación del espacio subjetivo y el espacio social ha dado lugar al concepto de espacio local globalizado, que representa un enfoque que integra lo local y lo global, proporcionando una formalización del espacio como concepto teórico (Pillet Capdepón, 2004).

3.1.6. La Región

Según Carrillo Huerta (2002) el enfoque del desarrollo regional ha concebido la región como un espacio geográfico donde se concentra un grupo social y donde surgen una variedad de relaciones que pueden ser analizadas a través de procesos de regionalización. Es en este contexto donde se identifican las áreas de influencia de estas relaciones.

Ramírez Velázquez y López Leví (2015) contextualizan el origen del término región desde una perspectiva histórica académica, remontándose al siglo XVIII cuando los geógrafos empezaron a sistematizarlo, retomando el concepto de región natural proveniente de la geología. Este enfoque consideraba que las divisiones políticas no eran apropiadas para analizar variables físico-ambientales. Desde esta óptica geográfica, el concepto de región surgió inicialmente a partir de la observación de la naturaleza, permitiendo así analizar una unidad espacial a través de los factores físicos que la conformaban, tales como la flora, la fauna, los minerales y el clima. A finales del siglo XIX, la geografía humana francesa incorporó

al ser humano y el concepto de paisaje humanizado en la concepción de la región natural.

El concepto de región presenta diversas definiciones debido a las diferentes disciplinas sociales y naturales que lo abordan, cada una con sus propias doctrinas. Los expertos en el tema han procurado establecer un criterio universal y propio para definir la región. Sin embargo, se ha llegado a la conclusión que una definición general debe abarcar dos elementos fundamentales, la identificación de rasgos de homogeneidad y semejanza, junto con la enumeración de los ámbitos específicos de los elementos y su realidad, los cuales pueden provenir tanto de las ciencias sociales como de las naturales. Esto permite identificar y definir porciones específicas según criterios particulares (Macías Huerta, 2008).

La noción de región debe ser definida de manera que sea válida y aplicable en cualquier contexto. Debe trascender la mera caracterización de una sociedad establecida en un espacio geográfico donde surgen una serie de problemáticas sociales, económicas y políticas. Su nivel de generalidad debe abarcar tanto lo social como lo natural, así como su realidad física y sus elementos constituyentes. En este sentido, la región debe ser definida por sus nodos, es decir, por los puntos centrales de interacción y conexión, en lugar de por sus límites geográficos, si se quiere entender y abordar la región en su totalidad (Bassols y Delgadillo, 1992).

3.2. La Agricultura-Campesina (Campesinado) como Teoría General

La teoría general implica la recopilación y conexión de afirmaciones para proporcionar explicaciones específicas sobre los procesos sociales y fenómenos que suelen desarrollarse en la sociedad. Además, busca ofrecer una visión particular sobre cómo se organiza la sociedad y el papel que desempeñan las personas en su entorno lo que contribuye a comprender las estructuras sociales, las interacciones entre individuos, así como la evolución y estabilidad de la sociedad en su conjunto (Sautu, 2005).

Para comprender la teoría en el contexto actual, es fundamental analizar el campesinado y la agricultura campesina señalando los equilibrios socioeconómicos en comunidades rurales y la intensificación del trabajo agrícola. Esto incluye

considerar la relevancia política y científica a nivel global, tal como lo hace Jan Douwe van der Ploeg al actualizar las teorías de Aleksandr Chayanov a la actualidad (Van der Ploeg, 2013).

El campesinado debe considerar su papel dentro del sistema capitalista y las dinámicas políticas más amplias, así lo sugiere Martínez y Rendón (1983) señalando que el campesinado se caracteriza por ser una economía basada en relaciones sociales, especialmente en las unidades domésticas campesinas, donde los lazos familiares promueven la solidaridad y la interdependencia para asegurar la supervivencia. A menudo, se vende parte de la fuerza de trabajo familiar junto con la producción propia, lo que refleja tanto la estructura organizativa específica de estas unidades como su dependencia económica. A pesar de la intensificación del trabajo y la diversificación de actividades, las unidades campesinas enfrentan desafíos en el mercado capitalista debido a su limitada capacidad de negociación y dependencia, lo que las coloca en una posición desfavorable.

Para Vilar (1979) citado por Hernández (1994, p.181), el concepto de economía campesina ha sido ampliamente utilizado en la comprensión teórica de las formas sociales campesinas. Sin embargo, plantea este concepto presenta limitaciones al buscar únicamente un modelo económico, lo que resulta insuficiente para abordar los orígenes, las crisis y el destino de una sociedad en su totalidad. Además, argumenta que este enfoque no es adecuado para analizar los problemas del tercer mundo. En contraposición a la noción de economía campesina, Coello (1979) citado por Hernández (1994, p.181), sugiere considerar la existencia de un modo de vida campesino en lugar de centrarse únicamente en un modo de producción campesino o una economía campesina. Esta perspectiva resalta la importancia de factores subjetivos, como los sentimientos y las emociones, para comprender el comportamiento económico de los campesinos.

Martínez Castillo (2008) destaca la valiosa experiencia del campesinado en el ámbito de la agroecología, subrayando su profundo conocimiento en áreas como entomología, botánica, suelos y agronomía. Este conocimiento se ha traducido en el desarrollo de tecnologías y prácticas agrícolas más alineadas con los contextos

naturales y sociales. Además, el campesinado ha demostrado su capacidad de respuesta a problemas históricos mediante iniciativas locales y movimientos de resistencia. No obstante, el autor señala una preocupación y es que el desarrollo convencional tiende a pasar por alto este valioso conocimiento campesino.

Por su parte, Van der Ploeg (2009) sostiene la relevancia histórica y la continuidad de la agricultura campesina, no solo representaron un papel importante anteriormente, sino que están presentes en la actualidad en todas partes, constituyendo una porción considerable de la población global. Van der Ploeg describe la condición campesina como un conjunto de elementos entrelazados que posibilitan la supervivencia en un entorno desafiante, como la gestión autónoma de recursos, la colaboración con la naturaleza y la búsqueda de autonomía. Emplea ejemplos de Perú, Italia y los Países Bajos para mostrar cómo los campesinos se ajustan y oponen en diversas situaciones tanto económicas como naturales.

Hernández (1994, pp. 184-189) señala que las posturas del campesinado resaltan la notable persistencia de las formas campesinas a pesar del avance y predominio del capitalismo en la producción, gracias a su capacidad para adaptarse a diversas condiciones sociales impuestas desde fuera, lo que ha generado una amplia diversidad de formas. Algunos autores, como el antropólogo mexicano H. Díaz (1977) citado por Hernández (p.187) señalan que el campesinado es un elemento social necesario para el desarrollo del capitalismo. A pesar de estas críticas, estas posturas han revelado las funciones que cumplen las formas campesinas en el sistema capitalista, especialmente en los procesos de acumulación de capital y las relaciones de explotación entre campesinos y la burguesía.

La intensificación de los rendimientos en la agricultura campesina se ha observado a lo largo de la historia, resultado de la introducción de cambios, tanto pequeños como grandes, en los procesos de producción. Esto ha permitido que la agricultura campesina satisfaga la creciente demanda de alimentos, lo que a su vez reduce significativamente la miseria y la hambruna, ofreciendo tiempos más prósperos y la posibilidad de una mayor emancipación del campesinado. Esta

intensificación se fundamenta en tres mecanismos principales, la explotación de tierras marginales, una mayor inversión de capital por unidad de tierra y una organización de la producción orientada a maximizar el producto neto o el ingreso laboral en lugar de maximizar el beneficio. Si bien la intensificación puede ser impulsada por el trabajo o la tecnología, la agricultura campesina se caracteriza por una intensificación impulsada por el trabajo (Van der Ploeg, 2013, pp.89-91).

Es innegable que el campesinado sigue desempeñando un rol fundamental en la sociedad actual, a pesar del progreso del capitalismo y la industrialización. Las comunidades campesinas, con su profundo entendimiento del medio ambiente y su habilidad para adaptarse, constituyen un elemento vital en la producción de alimentos. La mejora de los rendimientos en la agricultura campesina, impulsada por la utilización de tierras marginales, una mayor inversión de capital y una organización enfocada en maximizar el producto neto, demuestra la capacidad del campesinado para abordar los desafíos económicos y ambientales. Asimismo, las posturas campesinistas destacan la resistencia y persistencia de las formas campesinas frente al avance del capitalismo.

3.3. El Riesgo como Teoría Sustantiva

La teoría sustantiva del riesgo de este trabajo se apoya en la teoría de La sociedad del riesgo de Ulrich Beck de 1998 donde se explora la emergencia de una sociedad y su relación con el riesgo, caracterizada por la creciente invisibilidad y globalidad de los peligros, que trascienden las fronteras sociales y nacionales. Se discute cómo los riesgos, ahora también oportunidades de mercado, desafían las estructuras de poder y generan nuevas comunidades de amenaza. Se plantea la necesidad de una política preventiva del riesgo, pero se señala la falta de instituciones políticas capaces de abordar los desafíos globales. En última instancia, se destaca el surgimiento de una comunidad del miedo como una fuerza política incipiente en la era de la sociedad del riesgo.

Para Luhmann (1998) el concepto de riesgo abarca una variedad de disciplinas científicas, desde la economía hasta la psicología y la sociología. Aunque se ha intentado definir de diversas formas, se enfrenta a desafíos en cuanto a su

comprensión y aplicación. La distinción entre riesgo e incertidumbre es crucial, pero su significado y alcance varían según el contexto y la disciplina. Además, el riesgo no se limita a la esfera individual, sino que también es un fenómeno social que se ve influenciado por factores culturales y sociales. Se plantea la necesidad de considerar el umbral de catástrofe al calcular el riesgo, así como la importancia de la comunicación y la percepción social en su gestión. La sociología, aunque recientemente ha abordado el tema del riesgo, enfrenta desafíos para desarrollar una teoría integral debido a la diversidad de enfoques disciplinarios y la falta de claridad conceptual.

Durante la segunda mitad del siglo XVIII en el Reino Unido, se inició una transformación social y tecnológica conocida como la Revolución Industrial, la cual estuvo acompañada de una mayor difusión del método científico. Este período marcó un cambio en la percepción del riesgo, pasando de ser considerado como un fenómeno natural a ser responsabilidad del ser humano. Los accidentes ocasionados por la maquinaria industrial enfatizaron la importancia de considerar elementos de probabilidad y decisión en el concepto de riesgo. El capitalismo y la teoría económica desempeñaron un papel fundamental en la evolución de la noción de riesgo. A principios del siglo XX, la bolsa de valores introdujo la idea de cálculo y probabilidad de pérdida y ganancia, consolidando aún más la relación entre el riesgo y la actividad económica (Chávez López, 2018).

Los riesgos de la modernización según Beck (1998) tienden a tener una dimensión global, afectando a personas en diferentes partes del mundo. La producción industrial y las cadenas de suministro conectan a todos los habitantes del planeta, lo que significa que los riesgos trascienden las fronteras nacionales. Los riesgos asociados con la modernización tienen un efecto de bumerang, en el que los efectos negativos eventualmente afectan a quienes los producen o se benefician de ellos. Por ejemplo, la intensificación de la agricultura industrial puede llevar a la degradación del medio ambiente y reducir la productividad agrícola, lo que afecta tanto a los agricultores como a los consumidores.

La velocidad del desarrollo tecnológico en la física, química y la biología tiene una estrecha relación con la problemática del riesgo, la fuerte extensión de estas tecnologías distribuidas por la globalización tiene gran impacto en la naturaleza y por ende en la sociedad (Luhmann, 1998). El resultado del riesgo acontecerá en el futuro, pero está determinado por las decisiones del presente. El concepto está vinculado con el tiempo y es una de las formas en que la sociedad domina su modernización al entrelazar escenarios futuros con tomas de decisiones presentes (Beck, 1998).

Dentro de la sociedad se desenvuelven distintos poderes económicos y educativos, Beck asegura que la capacidad de enfrentar los riesgos va a depender de las desigualdades sociales. Aquellas personas con mayores recursos económicos y educativos tienen más capacidad para protegerse contra los riesgos y mitigar sus efectos negativos, es decir, los riesgos están distribuidos de manera desigual en la sociedad. Una manera para hacer frente a los riesgos es fortalecer las desigualdades sociales existentes y proporcionar a ciertos grupos más recursos para enfrentar los riesgos (Beck, 1998).

El riesgo nos ayuda a comprender cómo se ha convertido en una parte fundamental de la vida cotidiana en la sociedad moderna, y cómo las decisiones actuales están moldeando la forma en que vivimos y enfrentamos estos riesgos. La teoría nos recuerda que, aunque los avances tecnológicos y científicos han mejorado muchos aspectos de nuestras vidas, también han creado nuevas formas de riesgo y peligro que debemos enfrentar. Es importante tener en cuenta que los riesgos no afectan a todas las personas de la misma manera, y que una gestión adecuada del riesgo debe ser equitativa, asegurando que las personas más vulnerables y marginadas de la sociedad no sean las más afectadas por los riesgos y los peligros que enfrentamos como sociedad.

3.4. Riesgo en el Maíz de Temporal

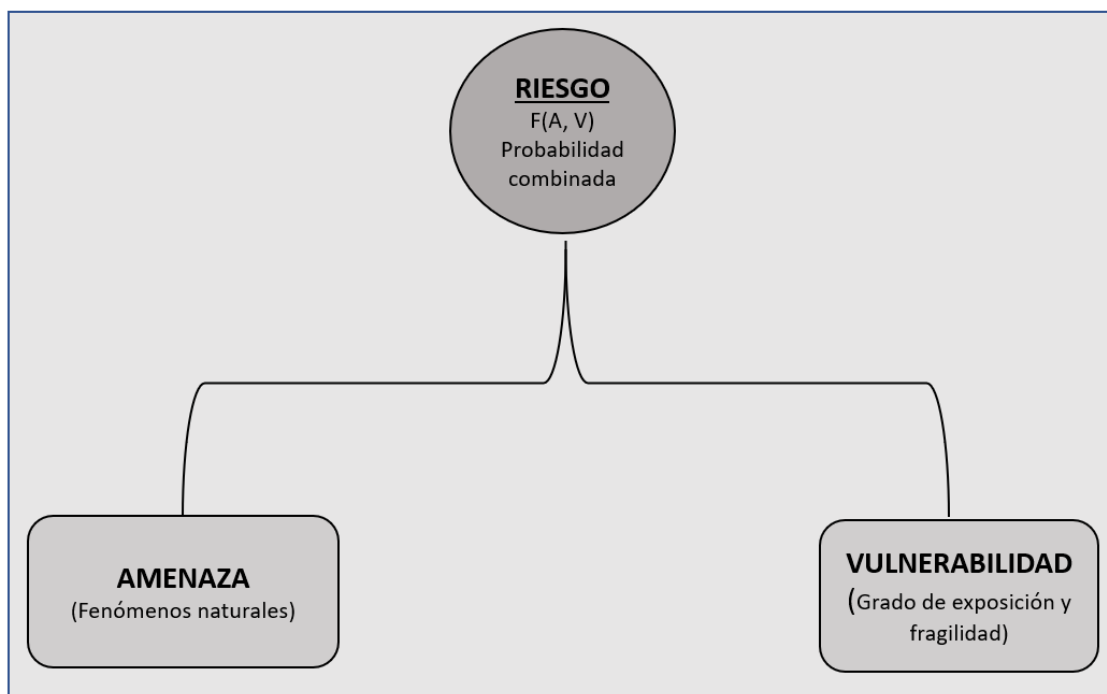
En el caso del maíz de temporal el riesgo es justamente la combinación de amenazas y vulnerabilidad que da el nivel de qué tan susceptible se encuentra (Magaña Rueda y Nery Vidaurri, 2007). Las amenazas se pueden ver como los

eventos extremos climáticos de heladas, lluvias intensas y sequías que pueden impactar al maíz de temporal, mientras que la vulnerabilidad es la altitud, suelo y variedad de semilla, cualquier cambio que afecte estas condiciones se verá reflejado en el riesgo (Moreno Sánchez y Urbina Soria, 2008).

La Ilustración 6 muestra cómo el riesgo está constituido por la probabilidad de la amenaza y la vulnerabilidad.

Ilustración 6.

Esquema de los conceptos asociados al riesgo



Nota: Adaptado con datos de la CEPAL (2024).

Los fenómenos naturales son los más comunes a los que se enfrenta el maíz de temporal. Flores et al. (2000), Aceves-Navarro et al. (2008) y Hernández Vázquez (2010) describen las amenazas naturales como fenómenos geodinámicos, hídricos, atmosféricos y biológicos: elementos del medio ambiente que, por su intensidad o magnitud, pueden causar daños graves al sector agrícola, desequilibrando el crecimiento y la producción del maíz y afectando sus rendimientos.

La vulnerabilidad climática según Neri Vidaurri (2004); Hernández Vázquez (2010) & Hernández Vázquez et al. (2019) se consideran impactos meteorológicos de los eventos de la temperatura y precipitación que generan eventos extremos de heladas y sequías ocasionando problemas que repercuten la agricultura disminuyendo la productividad y rendimientos e incluso llegando a la pérdida total de los cultivos situación que afecta a los productores temporeros y aún más cuando los campesinos no cuentan con los alcances para diseñar estrategias que les permita hacer frente a estos impactos en el sector agrícola.

La vulnerabilidad climática según Neri Vidaurri (2004); Hernández Vázquez (2010) y Hernández Vázquez et al. (2019) se consideran impactos meteorológicos de los eventos de la temperatura y precipitación que generan eventos extremos de heladas y sequías ocasionando problemas que repercuten la agricultura disminuyendo la productividad y rendimientos e incluso llegando a la pérdida total de los cultivos situación que afecta a los productores temporeros y aún más cuando los campesinos no cuentan con los alcances para diseñar estrategias que les permita hacer frente a estos impactos en el sector agrícola.

La vulnerabilidad dependerá de que tan apto este para enfrentar los impactos del clima que pueden llegar a dañar a los elementos expuestos en todos los aspectos, así lo menciona Liverman (1990) en su estudio realizado en los estados de Sonora y Puebla donde señala que la vulnerabilidad de los sistemas agrícolas está determinada no solo por los ventos climáticos extremos, sino también por las características tecnológicas, económicas y políticas de la región. En 1969 ambos estados reportaron enormes pérdidas de cultivos por las severas sequías, la explicación fue por los déficits de lluvias especialmente en Puebla, Sonora aún con sus regiones secas, las pérdidas fueron menores, esto se explica por el uso generalizado de la tecnología de riego, los fertilizantes y las semillas mejoradas, el estudio también indica que las pérdidas por sequías son mayores en las tierras ejidales comunales que en las grandes granjas privadas, lo que respalda que no solo hay una vulnerabilidad ambiental sino también una vulnerabilidad económica.

3.5. Agenda 2030 y los Objetivos del Desarrollo Sustentable

A nivel internacional aumenta la preocupación por el tema de la seguridad alimentaria y el cambio climático, La Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2016) propone la agenda 2030 exponiendo 17 objetivos, siendo dos los que van dirigidos a la agricultura y el cambio climático.

El objetivo dos es “Hambre cero”, va orientado a poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y mejorar la nutrición, y promover la agricultura sostenible. Este objetivo tiene como meta garantizar que todas las personas tengan acceso a alimentos suficientes y nutritivos, lo que es fundamental para una vida saludable y para luchar contra la pobreza y el subdesarrollo.

Para lograr este objetivo implica una serie de metas específicas, como aumentar la producción de alimentos sostenibles y la productividad agrícola, aumentar la inversión en investigación y desarrollo agrícola, promover el acceso equitativo a los recursos productivos, y erradicar la malnutrición en todas sus formas. Además, se busca mejorar la resiliencia de los sistemas alimentarios y agrícolas frente a los impactos del cambio climático y otros desafíos ambientales.

El objetivo trece es “Acción por el clima” y se dirige a tomar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos negativos en la vida de las personas y el planeta. Su objetivo es limitar el aumento de la temperatura global, reducir la vulnerabilidad de las comunidades y garantizar la resiliencia de los sistemas naturales y humanos a los impactos del cambio climático.

Las metas específicas del Objetivo 13 incluyen la implementación de medidas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, el fortalecimiento de la capacidad de adaptación y mitigación de los países más vulnerables, la movilización de recursos financieros para la acción climática y la educación y sensibilización del público sobre la importancia de la acción climática.

Para lograr este objetivo, es necesario tomar medidas efectivas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, por ejemplo, mediante el uso de

energías renovables, la mejora de la eficiencia energética y la reducción de la deforestación. Se deben implementar políticas para apoyar la adaptación de las comunidades más vulnerables al cambio climático y reducir la brecha de capacidad entre los países desarrollados y en desarrollo. Es también necesario aumentar la financiación para la acción climática y la investigación en tecnologías más limpias y sostenibles.

Es importante que estos objetivos puedan ser implementados de manera coordinada, sostenible y adaptada a la realidad y diversidad de México. Además, se requiere una amplia participación y colaboración de todos los sectores de la sociedad, así como un compromiso político para garantizar la efectividad y sostenibilidad de estas políticas públicas.

IV. MARCO METODOLÓGICO

4.1. Tipo de Enfoque

Es importante resaltar el cómo se va a aproximar al objeto de estudio, definiendo la estrategia que integre las diferentes etapas del trabajo de gabinete y campo, tanto en la recolección de la información, como en el análisis de la misma, el trabajo previo para definir unidades de análisis, los instrumentos y las técnicas a utilizar. En un sentido más amplio, el método científico se refiere al grupo de procedimientos donde se examinará y se dará solución al problema de investigación (Bernal Torres, 2010). En esta investigación se usó la técnica de investigación mixta, esto es, cuantitativa y la cualitativa, para lograr una combinación donde los datos obtenidos cuantitativamente, y se complementarán con la información obtenida cualitativamente en campo para poder llegar a un entendimiento del problema y validar la hipótesis propuesta (Hernández Sampieri et al., 2014).

4.2. Estrategia Metodológica

La estrategia metodológica permitirá identificar principios y perspectivas, por medio de métodos, técnicas y procedimientos que establecen una sucesión organizada y estructurada admitiendo la cimentación de conocimientos (Hernández Sampieri et al., 2014).

4.2.1. Técnicas Cuantitativas. El análisis cuantitativo busca comprender una situación social fundamentada en la medición de fenómenos sociales, teniendo en cuenta sus dinámicas y propiedades, lo cual supone derivar un marco conceptual pertinente al problema, los postulados se deben expresar entre relaciones de las variables analizadas de forma deductiva para normalizar y generalizar los resultados (Bernal Torres, 2010).

Hernández Vázquez (2010) señala que el trabajo de gabinete apunta a la indagación, selección, recolecta y análisis de información cartográfica, bibliográfica y datos estadísticos que permite organizar las bases de datos que apoyaran a realizar gráficas, mapas, cuadros entre otros.

Para esta investigación se precisó de un análisis de información climática y de producción del cultivo del maíz de temporal, se utilizó la estadística descriptiva para la obtención de promedios y desviaciones estándar lo que ayudó para la creación de diferentes gráficas y Cuadros como, por ejemplo:

- 1.- Comportamiento de lluvias, temperaturas y producción de maíz durante un periodo de tiempo.
- 2.- Caracterización de los años secos y húmedos.
- 3.- Número de días de heladas y lluvia.
- 4.- Descripciones de la producción de maíz de temporal.
- 5.- Años con frecuencias de heladas (baja, normal y alta).
- 6.- Y años con sequía meteorológica, normales y con lluvia excesiva

4.2.2. Técnicas Cualitativas. El análisis cualitativo se dirige a adentrar casos muy específicos y no a generalizar, su preocupación es cualificar y describir un fenómeno social partiendo de caracteres determinantes que sean percibidos por elementos mismos dentro del sitio estudiado (Bernal Torres, 2010). Una técnica cualitativa apropiada es la entrevista que para Hernández Vázquez (2010) es una conversación con una estructura específica con el fin de la recaudar información precisa del tema de interés. En esta técnica interviene dos personajes, el entrevistador y el entrevistado, el entrevistador debe tomar la iniciativa de una conversación donde planteará preguntas muy específicas de su interés del tema hasta llegar al objetivo cumplido. Gran parte de la información en las ciencias sociales vienen de las entrevistas y las investigaciones sociales dependen de ellas.

Los métodos cualitativos principales que se emplearon son; las entrevistas grupales, la observación de campo y el cuestionario semi abierto con el objetivo de facilitar una buena interacción con el campesino.

4.3. Tipo de Estudio

El enfoque de este trabajo es complementario y se refiere a la integración de diferentes tipos de estudio dentro de una investigación, permitiendo una

comprensión más amplia y profunda del fenómeno analizado. En el caso de este estudio se utilizaron los enfoques descriptivo, correlacional y explicativo. La combinación de estos enfoques facilitó una visión integral del problema. Como señalan Hernández Sampieri et al. (2014) un enfoque complementario permite obtener una visión más completa del fenómeno estudiado al combinar diferentes perspectivas metodológicas.

El estudio es descriptivo, ya que se enfoca en detallar las características climáticas y productivas de la región, proporcionando un panorama general de los principales elementos climáticos que intervienen en la producción del maíz. A su vez, es correlacional, dado que pretende identificar relaciones entre variables, como la influencia de las condiciones climáticas en el rendimiento del maíz de temporal. Por otro lado, el estudio también tiene un componente explicativo, puesto que se intenta entender los factores específicos que aumentan la vulnerabilidad del maíz de temporal y determinar cómo las variaciones en el clima de la región afectan. Este enfoque explicativo permite profundizar en el análisis causal, proporcionando una comprensión más completa de por qué ciertos eventos climáticos agravan la vulnerabilidad del maíz de temporal en la región Oriente-Huamantla de Tlaxcala.

4.4. Tipo de Diseño

El diseño del presente estudio es no experimental y transversal. Se considera no experimental porque no se manipulan las variables, sino que se observan y analizan en su contexto natural, tal como se presentan en la realidad. En este caso, se recopilan datos climáticos, de rendimiento del maíz de temporal y de la percepción de los campesinos sin intervenir en las condiciones observadas. Además, el diseño es transversal, ya que la recolección de datos se realizó en un momento específico, permitiendo capturar una fotografía de la situación actual del maíz de temporal en la región Oriente-Huamantla. Este enfoque transversal es adecuado para describir el estado de vulnerabilidad del cultivo en función de las condiciones y factores presentes en el tiempo de estudio. Como señalan Hernández Sampieri et al. (2014) el diseño transversal recoge datos en un solo momento, en un tiempo único y permite obtener un panorama de las variables en un punto determinado.

4.5. Técnicas de Recolección de Información

4.5.1. Base de Datos Agrícolas

Para obtener datos de producción agrícola se utilizó la base de datos llamada Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON-NG). El cultivo seleccionado es maíz de grano en ciclo año agrícola con la modalidad de temporal. Las variables con las que se trabajaron son: superficie sembrada, superficie cosechada, volumen de producción (t), rendimiento por hectárea (ha) y valor de la producción del cultivo maíz del periodo 1992 al 2021 en los 13 municipios de la región Oriente-Huamantla.

4.5.2. Base de Datos Climáticas

Para tener datos concretos del clima es necesario una medición diaria de las condiciones climáticas de cierta región, para esto se recurrió al Servicio Meteorológico Nacional (CONAGUA). Para conocer la variabilidad climática histórica de la región, es necesario conocer de 25 a 30 años de datos para poder explicar el clima actual y futuro con alguna seguridad. Este trabajo abarca el período comprendido entre 1980 y 2021, ya que las bases de datos a partir de 2022 presentan importantes vacíos de información que podrían comprometer la precisión y confiabilidad de los resultados. Por ello, se ha optado por limitar el análisis hasta 2021 para garantizar una representación más veraz y fundamentada.

Para las estaciones con datos incompletos dentro del periodo analizado y para aquellos municipios que carezcan de estación meteorológica se aplicará un método para estimación de datos faltantes que según Gallegos-Cedillo et al. (2015) el método más comúnmente utilizado en investigaciones hidrológicas y geográficas es el cuadrado del inverso de la distancia, también conocido como U.S. National Weather Service (WS). En este enfoque, la influencia de la variable en una estación, para su cálculo en cualquier punto, disminuye a medida que aumenta la distancia entre la estación y las estaciones auxiliares. Una ventaja sobresaliente del WS es su capacidad para emplear datos diarios, los cuales pueden ser agrupados en periodos de cinco o diez días, mensuales o anuales.

U.S. National Weather Service (WS) (Chow, Maidment, & Mays, 1996), representado en la siguiente ecuación:

$$P_x = \frac{\sum(P_i W_i)}{\sum W_i}$$

donde: P_x = dato perdido en la estación x y P_i = dato existente en la estación auxiliar i , para lo cual $i = 1, 2, \dots, n$ para el mismo día.

$$w_i = \frac{1}{D_i^2}$$

En la Ecuación 3, D_i = distancia entre cada estación circundante auxiliar y la estación x donde se presenta el dato perdido. De acuerdo con Campos-Aranda (1998), se recomienda utilizar cuatro estaciones auxiliares de preferencia las más cercanas, de manera que cada una quede localizada en uno de los cuadrantes que definen los ejes coordenados que pasan por la estación incompleta, generalmente norte-sur y oriente-poniente.

Se presenta una recopilación de datos de las estaciones meteorológicas empleadas en este estudio. En ella se identifican tres categorías principales según la disponibilidad de estaciones: municipios con estaciones meteorológicas completas, municipios con estaciones meteorológicas incompletas y los municipios sin estaciones meteorológicas propias (Cuadro 3).

Cuadro 3.

Información de estaciones meteorológicas

Municipios	Estación/Clave	Años faltantes	Interpolación de estaciones			
			1	2	3	4
El Carmen T.	29007	Ninguno				
Huamantla	29011	Ninguno				
Terrenate	29053	Ninguno				
Atltzayanca	29151	1980 a 1984 y 2020	29053	29007	29005	29011
Cuapiaxtla	29005	1992 a 1997	29011	29007	29051	21080
Tocatlán	29027	1983, 1989, 1990, 1991, y 2017 al 2021	29053	29002	29042	29011
Zitlaltépec	29026	1983, 1989, 1990, 1991, 2017 y del 2019 al 2021	29011	21136	21080	29042
Emiliano Zapata	Sin Estación	Todos	29032	29053	21047	29003
Lázaro Cárdenas	Sin Estación	Todos	29032	29053	21047	29003
Ixtenco	Sin Estación	Todos	29011	29026	29005	21136
San José T.	Sin Estación	Todos	29011	29027	29042	29002
Tzompantepec	Sin Estación	Todos	29053	29011	29002	29027
Xaloztoc	Sin Estación	Todos	29053	29011	29002	29027

Fuente: Elaboración propia don datos de CONAGUA, (2025).

4.5.3. Entrevista

La entrevista es una técnica cualitativa que permite profundizar en el conocimiento del campesino de maíz de temporal, permitiendo adquirir información deseada (Hernández Sampieri et al., 2014). Para la elaboración de la entrevista se deben diseñar preguntas específicas y claras.

Condiciones específicas para los entrevistados

- 1.- Los campesinos deben sembrar maíz de temporal
- 2.- Deben ser de los municipios de la región Oriente-Huamantla
- 3.- Debe ser bajo su voluntad propia y sin presión

Apartados de la entrevista

- 1.- Percepción sobre los eventos climáticos extremos
- 2.- Información de producción y rendimientos del maíz de temporal
- 3.- Conocimiento productivo y
- 4.- estrategias agroecológicas

Aplicación de entrevista

La muestra de esta investigación es intencional, seleccionando específicamente a campesinos de maíz de temporal que cumplen con ciertos criterios (ubicación geográfica, tipo de cultivo y disposición para participar). Se aplicó una entrevista grupal, entendida como una sesión en la que varios participantes responden de manera conjunta a preguntas previamente diseñadas, lo que permite observar la interacción entre los campesinos y obtener información más rica sobre percepciones, experiencias y problemáticas compartidas. Esta entrevista se realizó en cuatro municipios con mayor superficie sembrada de maíz de temporal en la región Oriente-Huamantla: Huamantla, San José Teacalco, Atltzayanca y Cuapiaxtla, contactando previamente a los comisariados ejidales para explicar los objetivos de la investigación y obtener información sobre los problemas recurrentes.

La información inicial permitió elaborar la guía de entrevista, centrada en los principales problemas climáticos que afectan al cultivo de maíz, aunque los campesinos tuvieron libertad para mencionar problemáticas adicionales no necesariamente relacionadas con la variabilidad climática. Se eligió la entrevista grupal frente a otras técnicas, como los grupos focales, porque, aunque ambos permiten interacción entre participantes, la entrevista grupal fomenta la expresión de experiencias individuales dentro del grupo y ofrece mayor flexibilidad para profundizar en problemas específicos, mientras que el grupo focal está más estructurado y dirigido por un moderador, centrado en generar discusión colectiva y consenso. Esta técnica permitió así recoger información detallada y variada, manteniendo la interacción grupal que ayuda a identificar patrones comunes en la región.

4.5.4. Encuesta

Para este trabajo se utilizó la técnica de la encuesta, en la cual se empleó como instrumento un cuestionario semiabierto. El cuestionario semiabierto es una herramienta de recolección de datos que combina preguntas cerradas y abiertas, permitiendo a los participantes seleccionar entre opciones predefinidas o expresar sus opiniones de manera libre en ciertos ítems. Este tipo de cuestionario ofrece la estructura y facilidad de análisis de un cuestionario cerrado, al mismo tiempo que permite profundizar en las percepciones y experiencias de los participantes mediante preguntas abiertas. Como indican Hernández Sampieri et al. (2014) los cuestionarios semiabiertos mezclan preguntas cerradas, que delimitan las posibles respuestas, con preguntas abiertas, y respuestas más amplias. Esto facilita la recolección de datos cuantitativos y cualitativos, proporcionando una perspectiva más completa sobre el tema de estudio.

4.6. Muestreo Dirigido o Intencional

El muestreo dirigido o intencional es una técnica utilizada en la investigación cualitativa que permite a los investigadores seleccionar casos muy específicos, eligiendo a los participantes en función de su conocimiento y experiencia, con el fin de proporcionar datos relevantes para el estudio. Este enfoque facilita la recolección

de datos más detallados y profundos, lo que contribuye a una mejor comprensión del fenómeno desde las experiencias directas y significativas de los participantes seleccionados, asegurando que se escuchen las voces de quienes viven el fenómeno investigado. Es fundamental elegir participantes que estén inmersos en contextos relevantes para el estudio y que ofrezcan experiencias personales, ya que esto ayuda a captar un rango más amplio de datos verídicos que enriquezcan la investigación. Además, estos participantes pueden identificar a otros individuos relevantes para el estudio. No existe un número exacto de participantes, y la cantidad puede ser flexible, sin embargo, se sugiere un rango de 5 a 30 participantes. Es crucial enfatizar la importancia de la saturación de datos, que se alcanza cuando ya no surge nueva información relevante. En este sentido, lo primordial es la calidad y relevancia de la información obtenida, más que cumplir con un número fijo (Teddle & Yu, 2007; Denzin & Lincoln, 2011; Creswell, 2014; Patt, 2015 & Flick, 2018).

Por ejemplo, Schwermer (2019) emplea el método de muestreo dirigido para la detección de enfermedades en ganado bovino en el contexto del programa Rindviehbeprobung am Schlachthof (RiBeS). Este método se implementa con el objetivo de optimizar la toma de muestras mediante una selección estratégica de los animales en mataderos, reduciendo así la necesidad de realizar pruebas en las instalaciones de origen, lo cual resulta en una mejora logística y económica en el proceso de diagnóstico. La motivación principal detrás de este enfoque es superar las dificultades logísticas y de costos asociadas con la toma de muestras en el campo. El muestreo dirigido se centra en criterios de selección específicos, tales como la edad, el historial de salud y la ubicación del ganado

Para esta investigación el método de muestreo dirigido puede adaptarse de manera efectiva a la región Oriente-Huamantla, que cuenta con 13 municipios. Al igual que en el estudio previo en el que se implementó exitosamente este método para el monitoreo de enfermedades en ganado, su aplicación en este trabajo permitió una selección específica y estratégica de campesinos en esta región. Esto ayudó a obtener una muestra representativa sin la necesidad de abarcar a toda la

población, lo cual optimiza recursos y asegura que los datos sean significativos y de alta calidad.

El muestreo dirigido puede enfocarse en criterios específicos de los campesinos, tales como aquellos que llevan más años trabajando el campo por su conocimiento y experiencia permitiendo un enfoque concentrado en aquellos factores clave para la investigación. Esta metodología no solo facilita una muestra adecuada de la región Oriente-Huamantla, sino que también permite adaptar el proceso de selección a las características y condiciones particulares de los campesinos, lo cual es crucial para garantizar resultados relevantes y aplicables.

4.7. Operacionalización de las Variables

Esta investigación cuenta con dos variables principales, las cuales deben reflejarse de manera adecuada en las preguntas formuladas en el cuestionario semiabierto como se aprecia en la Cuadro 4. Estas preguntas se diseñan para capturar tanto datos estructurados como información más detallada, permitiendo explorar en profundidad los aspectos clave de cada variable.

Cuadro 4.

Operacionalización de las variables

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	ÍTEM
Riesgo Maíz de temporal	Cultivo que se siembra de forma tradicional y es vital para la alimentación mexicana por sus nutrientes.	Cultivo	Superficie sembrada	5,6,7,8,9,10,11,12,13, 14, 21, 22, 23 ,24, 25, 26, 27,28,29,30,31,32
			Producción	
			Rendimientos	
			Principales cultivos	
		Problemas	Plagas	
			Cañones antigranizo	
			Costos de los insumos	
Variabilidad climática	Cambios bruscos de temperatura y lluvias que afectan a las actividades en relación.	Heladas	Clima	15,16,17,18,19 y 20
			Temperatura	
		Sequías	Nivel de daño al cultivo	
		Lluvias intensas	Nivel de daño al cultivo	

4.8. Análisis y tratamiento de la Información

El análisis de la información es un procedimiento de selección, comparación, interpretación, y categorización, que permite mejorar el entendimiento de los datos

obtenidos permitiendo contestar y validar todo el estudio para cumplir con los objetivos de la investigación y para demostrar la hipótesis propuesta (Simão, 2010).

4.8.1. Definición de Softwares y Evaluación de Riesgo

❖ Tipos de software que se utilizaron:

1.- QGIS: es un Sistema de Información Geográfica de software libre y de código abierto para plataformas GNU/Linux, Unix, Mac OS, Microsoft Windows y Android. Este software se utilizó para analizar bases de datos para representar una perspectiva espacial geográfica de la región y generar una comparación entre lugares y variables.

2.- RStudio 4.3.1: es una herramienta informática (específicamente, un lenguaje computacional) para realizar distintos cálculos científicos, numéricos y estadísticos, así como para diseñar gráficas y figuras de calidad. Este software se utilizó para contabilizar números de heladas por año a partir de datos de temperaturas mínimas o iguales a 0°C.

3.- Microsoft Excel: es un software que brinda soporte digital a las labores contables, financieras, organizativas y de programación, mediante hojas de cálculo. Este software se utilizó para generar sumas, restas, multiplicaciones, desviaciones estándar y promedios de las bases de datos para presentarlos en forma de gráficas y Cuadros.

❖ Evaluación de riesgo

El riesgo se ha valorado solamente en términos físicos, dado que la vulnerabilidad social es difícil de evaluar en términos cuantitativos. Esto significa que no es factible analizar la vulnerabilidad en forma relativa o mediante indicadores, lo que permite proponer “riesgos relativos”, que igualmente permiten la toma de decisiones y la definición de prioridades de prevención y adaptación. En síntesis, para realizar un análisis de riesgo se deben seguir tres pasos:

a) estimar la amenaza

b) evaluar la vulnerabilidad y,

c) llevar a cabo la estimación del riesgo como resultado de relacionar los dos parámetros anteriores.

Para evaluar el riesgo agroclimático se usa información climática y de producción de un cultivo, su cálculo representa una herramienta de gran utilidad en la planeación de las actividades agrícolas. Para determinar el riesgo climático se estima cada uno de los componentes; la amenaza y la vulnerabilidad. Para este análisis es necesario:

1. Generar diagnósticos climáticos. Consiste en evaluar las condiciones históricas del clima; para ello se trabaja con los datos de los ocho municipios de la región Oriente-Huamantla, proporcionados por la Comisión Nacional de Agua (CONAGUA, 2023). Con base en estos datos, es posible establecer en qué medida las variaciones del clima constituyen una amenaza para el cultivo. Tales diagnósticos incluyen aspectos del clima de relevancia en la agricultura.

2. Estimar la vulnerabilidad agrícola en forma cualitativa. Para ello se requieren datos de un cultivo; se genera una base de datos del rendimiento de maíz de temporal de los ocho municipios de la región Oriente-Huamantla, proporcionados por el Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON-NG), y se procede a la siguiente deducción:

$$VULNERABILIDAD (V) = IMPACTOS (I) - ADAPTACIÓN (A)$$

Donde:

(A) = estrategias y acciones para enfrentar el riesgo.

(I) = efectos en el cultivo por variabilidad climática.

Cuando no existen medidas de adaptación, la vulnerabilidad se resume en $V = I$. Una forma de evaluar dicho impacto es a partir de los valores de rendimiento (t/ha). Se sabe que existen otros factores físicos y sociales que pueden determinar los valores del rendimiento, como es la aplicación de ciertas tecnologías, semillas mejoradas, uso de fertilizantes, entre otros. En este estudio se supone que el impacto asociado a la variabilidad climática es la principal causa de que se

presenten bajos o altos rendimientos, no obstante, se reconoce que otra investigación debiera evaluar la importancia del suelo en la producción de maíz de temporal, ya que existen antecedentes que señalan una baja fertilidad debido a un bajo contenido de porcentaje de materia orgánica (María Ramírez y Carmona Martínez, 2024).

El riesgo se estima en términos de probabilidad condicional (Wilks, 1995), que es la probabilidad de que un evento E_1 ocurra cuando sabemos que un evento E_2 ocurrió u ocurrirá y lo denotamos por $\Pr(E_1 | E_2)$.

Formalmente la probabilidad condicional es definida en términos de la intersección del evento de interés (E_1) y el evento condicional (E_2).

$$\Pr(E_1) = \frac{\Pr(E_1 \cap E_2)}{P(E_2)}$$

Desde hace más de 25 años la Organización de las Naciones Unidas, a través de la (CEPAL, 1991) viene aplicando una metodología para la medición de los efectos socioeconómicos de los desastres naturales, cada vez de aceptación más general. Mediante ella se ha podido realizar un diagnóstico de los daños directos e indirectos ocasionados por los desastres naturales en América Latina y el Caribe durante dicho lapso para cada uno de los sectores económicos y sociales afectados, así como de sus efectos macroeconómicos más destacados. Estas evaluaciones generalmente han sido tomadas en cuenta por los gobiernos nacionales para delinear planes de reconstrucción y para estimar las necesidades y tipo de colaboración externa necesarios para llevarlos a cabo.

La evaluación del riesgo se desarrolla con base en una matriz que describe la relación impacto/amenaza. Los renglones representan las amenazas dadas por la variabilidad climática y las columnas los posibles impactos evaluados en los valores de rendimiento (t/ha).

Se considera que dada la situación de que se presente un peligro o condición de amenaza ($[A_1]$, $[A_2]$ ó $[A_3]$) los impactos que pueden corresponder a la vulnerabilidad son obtener rendimientos bajos, medios o altos ($[B_1]$, $[B_2]$ ó $[B_3]$). Por

lo tanto, los elementos $R(A, B)$ representan los valores de la probabilidad de riesgo de obtener rendimientos bajos, medios o altos cuando se presenta una condici3n climática extrema como se presenta en la Cuadro 5.

Cuadro 5.

Matriz de riesgo

Amenaza/Impacto	B₁	B₂	B₃
A ₁	R (A ₁ , B ₁)	R (A ₁ , B ₂)	R (A ₁ , B ₃)
A ₂	R (A ₂ , B ₁)	R (A ₂ , B ₂)	R (A ₂ , B ₃)
A ₃	R (A ₃ , B ₁)	R (A ₃ , B ₂)	R (A ₃ , B ₃)

4.9. Presentación de Resultados

Una vez analizados los datos, se procede a la presentación de los resultados, los cuales se organizan en forma de gráficas, Cuadros y cuadros, con su respectiva descripción de la información y se describen como Figuras y Cuadros.

4.9.1. Resultados en Gráficas

Los resultados que se presentan en forma de gráficas son las caracterizaciones de años con altos, normales y bajos rendimientos del maíz, también se presentan las caracterizaciones de los años secos y exceso de lluvia, y por último, las caracterizaciones del número de heladas mostrando años con alta, media y baja frecuencia. Para la realización de estas gráficas se tomaron los datos capturados de los años analizados y se calculó el promedio para después sumar y restar una desviación estándar.

4.9.2. Resultados en Cuadros

En las Cuadros se presentan las descripciones del maíz de temporal por municipio destacando la superficie sembrada, producción, rendimiento y valor de la producción, también se presentan los rendimientos del maíz en años secos, normales y con exceso de lluvia al igual que la frecuencia de heladas alta, normal y baja. Para generar las Cuadros de rendimientos ante eventos climáticos extremos

se tomaron los resultados de las gráficas antes mencionadas y de las Cuadros de las descripciones para relacionarlas y proceder a la evaluación del riesgo.

4.9.3. Resultados de Cuadros

En los cuadros se presentan los resultados de la matriz de riesgo, describiendo el porcentaje de vulnerabilidad que se enfrenta el maíz de temporal ante los eventos climáticos extremos altos, medios y bajos. Para generar estos resultados se correlacionaron los resultados de los rendimientos del maíz y los eventos extremos climáticos en lluvias y heladas aplicando la fórmula de la evaluación de riesgo:

$$Pr(E_2) = \frac{Pr(E_1 \cap E_2)}{P(E_2)}$$

De esta manera se generó la matriz de riesgo amenaza/impacto dando resultados concretos de qué tan vulnerable es el maíz de temporal a las sequías, lluvias extremas y a la frecuencia de heladas.

V. RESULTADOS

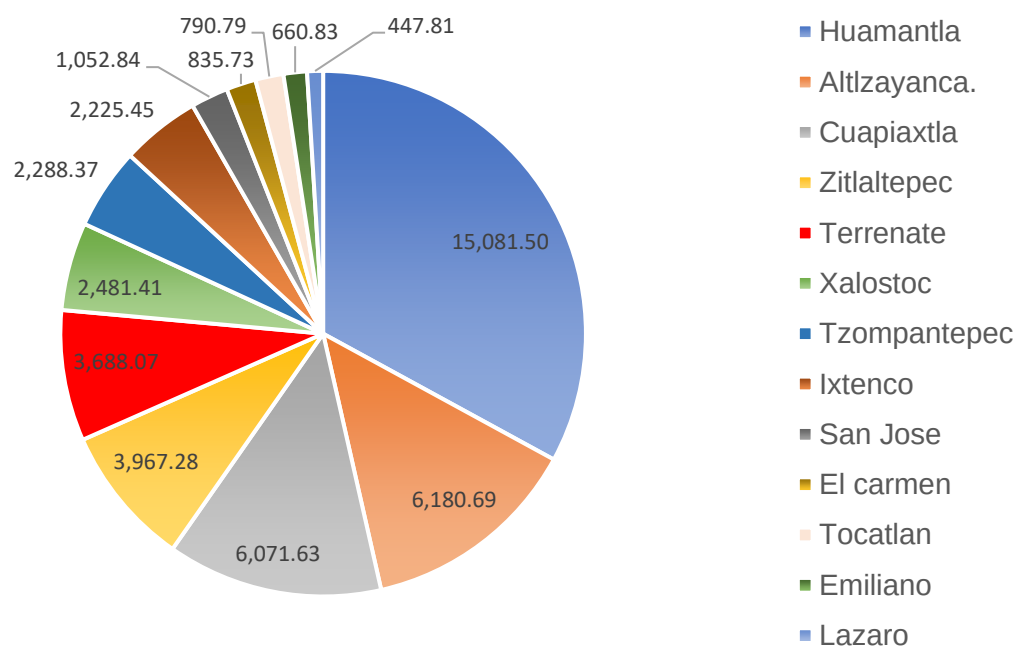
A continuación, se presenta el análisis del comportamiento de la producción y rendimiento, así como de las variables climáticas, con el propósito de correlacionar estas variables mediante la metodología de Wilks (1995) para determinar el grado de vulnerabilidad. Asimismo, se examina la información obtenida a partir de los cuestionarios y la entrevista grupal.

5.1. Comportamiento de la Producción de Temporal de la Región Oriente-Huamantla del Estado de Tlaxcala

De acuerdo con la información del SIAP, la región Oriente-Huamantla cuenta con una superficie total de 45,772.46 ha sembradas con maíz de temporal. Los municipios con mayor superficie sembrada son Huamantla, Atltzayanca y Cuapiaxtla, mientras que los de menor superficie son El Carmen Tequexquitla, Tocatlán, Emiliano Zapata y Lázaro Cárdenas, como se muestra en la Ilustración 7.

Ilustración 7.

Superficie sembrada en hectáreas de maíz de temporal en la Región Oriente durante el periodo 1992-2022



Nota: Adaptado con datos del SIAP, 2024.

5.1.1. Análisis de la Producción y Rendimiento del Maíz en Huamantla

En el año 1992, Huamantla mostró la mayor superficie sembrada con 17,550 ha mientras que la más baja se dio en el año 2019 con 12,500 ha, la mayor producción fue en 1992 con 51,912 t de maíz, la producción más baja se detectó en el año de 2005 con 8,886 t, siendo este también el año con el rendimiento más bajo con 0.60 t/ha, así mismo el mejor rendimiento lo tiene el año 2020 con 3.20 t/ha. Se puede ver que la superficie sembrada durante este periodo va reduciendo significativamente (Cuadro 6).

Cuadro 6.*Descripción de la producción del maíz de temporal en el municipio de Huamantla*

Año	Superficie sembrada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)	Valor de la producción \$
1992	17550.00	51912.00	2.96	38934.00
1993	17370.00	24041.00	1.40	18631.80
1994	15578.00	34183.00	2.30	20509.80
1995	15743.00	23569.50	1.50	23569.50
1996	16057.00	38440.80	2.40	42284.90
1997	17057.00	15757.00	1.00	19223.54
1998	14678.00	19078.80	1.30	34341.80
1999	15441.00	13560.20	1.24	14653.30
2000	15285.00	25889.00	1.99	31066.70
2001	16343.00	43309.00	2.65	51970.70
2002	15492.00	11920.00	1.60	17880.00
2003	15127.00	37061.20	2.45	51885.61
2004	14974.00	35937.60	2.40	53906.40
2005	14811.00	8886.60	0.60	11552.58
2006	14811.00	29622.00	2.00	56281.80
2007	14868.00	25420.86	1.71	63552.15
2008	14500.00	42775.00	2.95	119770.00
2009	14500.00	27550.00	1.90	82650.00
2010	14620.00	36537.50	2.50	102305.00
2011	14480.00	22608.00	2.40	101736.00
2012	15505.00	43993.00	2.90	145176.90
2013	14700.00	44100.00	3.00	127019.91
2014	14150.00	42450.00	3.00	112050.17
2015	14500.08	34800.19	2.40	108987.58
2016	15020.00	46562.00	3.10	158396.01
2017	14100.00	39762.00	2.82	128286.13
2018	14310.00	32913.00	2.30	124947.95
2019	12500.00	32500.00	2.60	104387.73
2020	14170.00	45344.00	3.20	179632.98
2021	14205.00	42757.05	3.01	169570.19
2022	14206.00	44038.60	3.10	256143.47

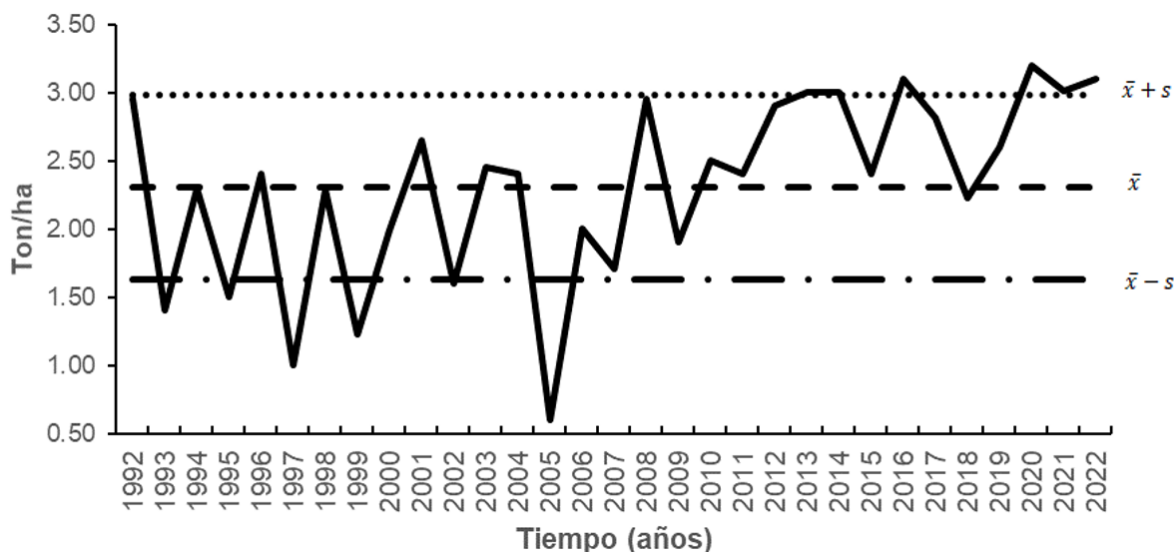
Nota: Adaptado con datos del SIAP, 2024.

La Ilustración 8 muestra el comportamiento del rendimiento de la producción del maíz durante el periodo 1992-2022, nos indica que hay seis años con altos

rendimientos de maíz mayores a 2.98 t/ha los cuales son (2013, 2014, 2016, 2020, 2021 y 2022), considerando que los años con rendimientos altos son todos aquellos que están por arriba de la línea superior ($\bar{x} + s$), todos los años que están por debajo de la línea inferior ($\bar{x} - s$) son años con bajos rendimientos menores a 1.63 t/ha y se contabilizan seis como son (1993, 1995, 1997, 1999, 2002 y 2005) y, finalmente, todos aquellos que se encuentran dentro de las líneas ($\bar{x} + s$) y ($\bar{x} - s$) son años con rendimientos medios entre 1.64 a 2.97 t/ha, los cuales son 18.

Ilustración 8.

Caracterización del rendimiento de maíz en Huamantla durante el periodo 1992-2022



Nota: Adaptado con datos del SIAP, 2024.

$\bar{x}$ = Promedio, s = Desviación estándar

5.1.2. Análisis de la Producción y Rendimiento del Maíz en Atltzayanca

De acuerdo con la Cuadro 7 la mayor superficie sembrada se dio en el año 2018 con 8,400 ha mientras que la más baja se registró en el año 1998 con 3,785 ha. La mayor producción la tiene el año 2017 con 22,597.88 t, pero la más baja la tiene el año 2002 con 1,800 t con una diferencia significativa de 20, 797.88 t. El mejor rendimiento obtenido es de 3.10 t/ha en el año 2016, mientras que el más bajo fue de 0.40 t/ha en el 2005.

Cuadro 7.*Descripción de la producción del maíz de temporal en el municipio de Atltzayanca*

Año	Superficie sembrada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)	Valor de la producción \$
1992	5220.00	13254.00	2.54	9941.00
1993	6245.00	8709.00	1.40	6749.50
1994	5886.00	9115.00	1.80	5469.00
1995	5878.00	8817.00	1.50	8817.00
1996	5889.00	14133.60	2.40	23320.44
1997	6109.00	4359.00	1.00	5317.98
1998	3785.00	4513.20	1.20	8123.80
1999	5059.00	2110.80	1.20	2281.00
2000	5302.00	9336.00	2.00	11203.20
2001	5820.00	11678.10	2.01	14013.70
2002	5590.00	1800.00	1.20	2700.00
2003	5433.00	11409.30	2.10	15973.02
2004	5163.00	12442.83	2.41	18664.25
2005	5120.00	2048.00	0.40	2662.40
2006	5120.00	8958.60	1.80	17021.34
2007	5350.00	10165.00	1.90	25412.50
2008	5205.00	15354.75	2.95	42993.30
2009	5304.00	10608.00	2.00	31824.00
2010	5300.00	13250.00	2.50	37100.00
2011	5400.00	5874.20	2.30	26433.90
2012	8380.00	22285.20	2.80	73541.16
2013	7300.00	20440.00	2.80	59444.02
2014	7200.00	21600.00	3.00	56909.95
2015	6615.94	9923.91	1.50	30735.64
2016	7168.00	22220.80	3.10	75581.61
2017	7957.00	22597.88	2.84	72241.35
2018	8400.00	20832.00	2.48	77606.07
2019	8192.00	15155.20	1.85	48390.10
2020	7970.00	9165.50	1.15	36020.42
2021	8060.00	12815.40	1.59	50504.21
2022	8062.00	16930.20	2.10	98720.33

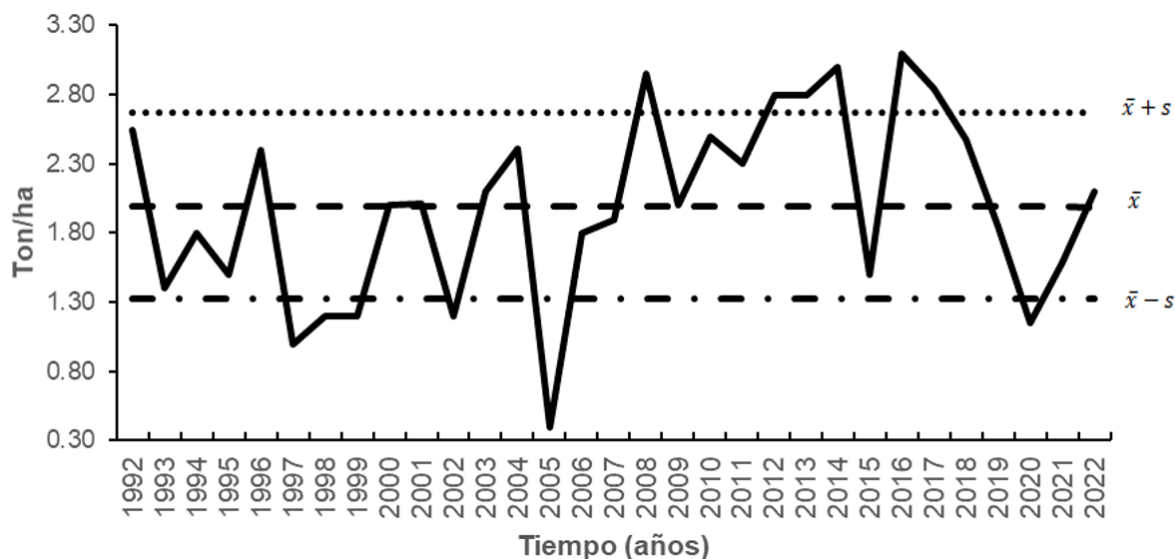
Nota: Adaptado con datos del SIAP, 2024.

En la Ilustración 9 se aprecia el comportamiento del rendimiento de la producción de maíz durante el periodo 1992-2022, en esta se observa que hay seis años con altos rendimientos mayores a 2.67 t/ha (2008, 2012, 2013, 2014, 2016 y

2017), se contabilizan seis años con baja producción menores a 1.32 t/ha (1997, 1998 1999, 2002, 2005 y 2020) y 19 años con rendimientos medios.

Ilustración 9.

Caracterización del rendimiento de maíz en Atltzayanca durante el periodo 1992-2022



Nota: Adaptado con datos del SIAP, 2024.

5.1.3. Análisis de la Producción y Rendimiento del Maíz en Cuapiaxtla

En 1997 se registró la mayor superficie sembrada con 8,545 ha, mientras que el año 2017 fue el menor en cuanto a superficie sembrada con 2,500 ha, de igual modo se detectaron dos años que sobrepasaron las 20,000 t siendo los años 1992 con 21,001 y 2008 con 21,296.05. El mejor rendimiento obtenido se vio en el año 2013 con 3.00 t/ha y 2016 con 3.10 t/ha, mientras que los más bajos fueron 2011 con 0.33 t/ha y 2005 con 0.40 t/ha (Cuadro 8).

Cuadro 8.*Descripción de la producción del maíz de temporal en el municipio de Cuapixtla*

Año	Superficie sembrada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)	Valor de la producción \$
1992	7942.00	21001.00	2.64	14281.00
1993	8129.00	11283.00	1.40	8744.30
1994	8034.00	13532.00	1.90	8119.20
1995	8144.00	12998.40	1.60	12998.40
1996	8245.00	19788.00	2.40	21766.80
1997	8545.00	7245.00	1.00	8838.90
1998	5378.00	9120.50	1.70	16416.90
1999	7195.00	5724.00	1.20	6185.40
2000	8120.00	12980.00	2.00	15576.00
2001	7915.00	18969.60	2.40	22763.50
2002	7320.00	4364.00	1.50	6546.10
2003	7594.00	18605.30	2.45	26047.42
2004	7434.00	17915.94	2.41	26873.91
2005	7424.00	2969.60	0.40	3860.48
2006	7424.00	14773.76	1.99	28070.14
2007	7168.00	12898.80	1.80	32247.00
2008	7235.00	21296.05	2.95	59628.94
2009	7230.00	10122.00	1.40	30366.00
2010	7225.00	17990.25	2.49	50372.70
2011	7280.00	1336.91	0.33	6016.10
2012	4291.00	8551.20	2.80	28218.96
2013	3500.00	11200.00	3.20	31616.03
2014	3800.00	11400.00	3.00	30000.01
2015	2732.00	4917.60	1.80	15215.79
2016	3405.00	10555.50	3.10	35950.66
2017	2500.00	6725.00	2.69	21708.30
2018	2815.00	6502.65	2.31	23843.46
2019	2600.00	6240.00	2.40	19827.85
2020	2760.00	4140.00	1.50	16249.87
2021	2765.00	5281.15	1.91	20758.51
2022	2767.00	5838.37	2.11	33808.13

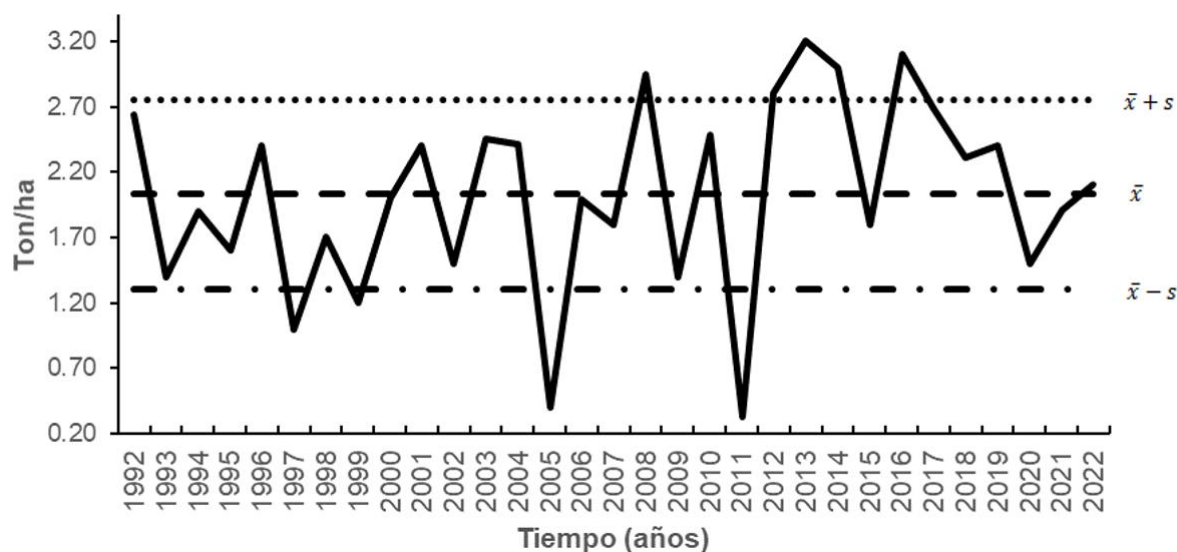
Nota: Adaptado con datos del SIAP, 2024.

En la Ilustración 10 se evidencia el comportamiento del rendimiento del maíz y nos indica que cinco años cuentan con altos rendimientos de maíz mayores a 2.75

t/ha (2008, 2012, 2013, 2014 y 2016), cuatro años con rendimientos bajos menores a 1.29 t/ha (1997, 1999, 2005 y 2011) y 22 años con rendimientos medios que van entre 1.30 a 2.74 t/ha.

Ilustración 10.

Caracterización del rendimiento de maíz en Cuapiaxtla durante el periodo 1992-2022



Nota: Adaptado con datos del SIAP, 2024.

5.1.4. Análisis de la Producción y Rendimiento del Maíz en Zitlaltepec

La mayor superficie sembrada registrada se dio en el año 2018 con 4,570 ha, mientras que la más baja fue de 2,861.59 ha en el 2015, así mismo la mayor producción fue de 14,325.78 t en 2017 mismo año con mejor rendimiento llegando a las 3.22 t/ha. La producción más baja se presentó en el año 2011 con 2,952.32 t siendo este también el más bajo en rendimiento teniendo 0.90 t/ha. Cabe mencionar que el año 2011 fue un año donde se registró una superficie sembrada de 4,049.00 ha (Cuadro 9).

Cuadro 9.*Descripción de la producción del maíz de temporal en el municipio de Zitlaltepec*

Año	Superficie sembrada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)	Valor de la producción \$
1992	4154.00	12432.00	2.99	8454.00
1993	4127.00	6191.00	1.50	4798.00
1994	4244.00	10610.00	2.50	6366.00
1995	4262.00	7671.60	1.81	7671.60
1996	4282.00	10276.80	2.40	11304.48
1997	4312.00	3966.00	1.00	4838.52
1998	3612.00	5054.00	1.40	9097.20
1999	3812.00	4441.00	1.20	4799.00
2000	4200.00	7951.00	2.00	9541.20
2001	4212.00	10108.80	2.40	12130.60
2002	3620.00	7040.00	2.20	10560.00
2003	4032.00	9717.10	2.41	14284.10
2004	4033.00	9719.53	2.41	14579.30
2005	4083.00	4491.30	1.10	5838.69
2006	4085.00	8170.00	2.00	15523.00
2007	4025.00	10062.50	2.50	25156.25
2008	4045.00	11932.75	2.95	33411.70
2009	4045.00	10921.50	2.70	32764.50
2010	4049.00	10162.99	2.51	28456.37
2011	4049.00	2952.32	0.90	13285.44
2012	3214.00	8954.40	2.80	29549.52
2013	3200.00	8960.00	2.80	25805.96
2014	3150.00	9450.00	3.00	24915.02
2015	2861.59	7440.13	2.60	23575.99
2016	3010.00	9331.00	3.10	31795.20
2017	4449.00	14325.78	3.22	45686.20
2018	4570.00	12476.10	2.73	47140.32
2019	4189.00	11938.65	2.85	38283.67
2020	4542.00	10900.80	2.40	42786.40
2021	4550.00	14150.50	3.11	55617.83
2022	4551.00	13653.00	3.00	79397.93

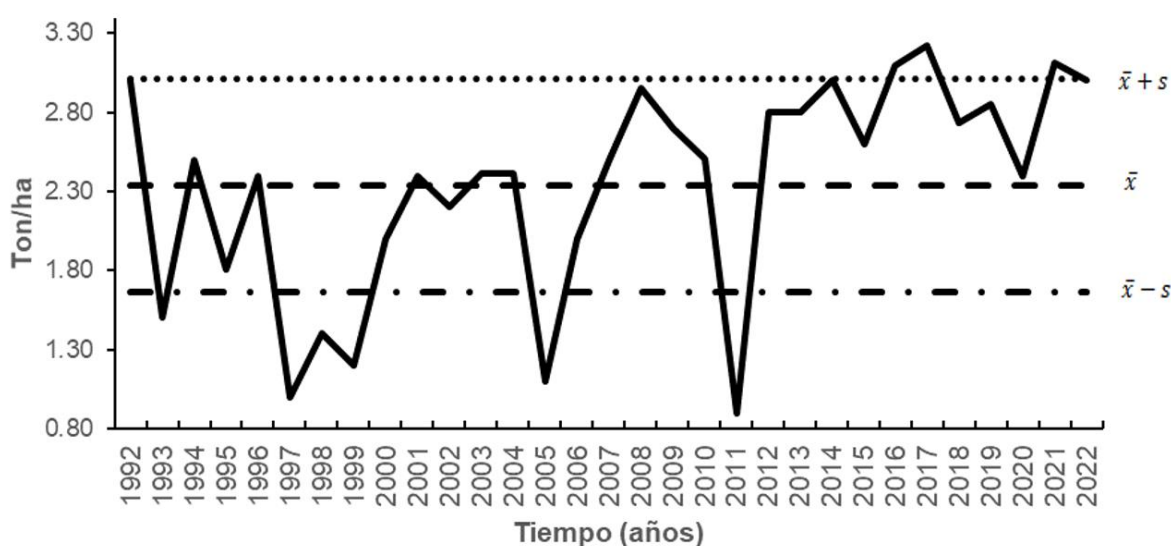
Nota: Adaptado con datos del SIAP, 2024.

La Ilustración 11 ilustra el comportamiento del rendimiento de la producción indicando que tres años obtuvieron rendimientos altos mayores a 3.01 t/ha (2016, 2017 y 2021), de igual manera seis años se contabilizan como bajos rendimientos

menores a 1.67 t/ha (1993, 1997, 1998, 1999, 2005 y 2011) y 22 años con rendimientos medios entre 1.68 a 3 t/ha durante el periodo 1992-2022.

Ilustración 11.

Caracterización del rendimiento de maíz en Zitlaltepec durante el periodo 1992-2022



Nota: Adaptado con datos del SIAP, 2024.

5.1.5. Análisis de la Producción y Rendimiento del Maíz en Terrenate

Según la Cuadro 10 el año 1995 cuenta con la mayor superficie sembrada teniendo 8,657 ha, a partir de este mismo año se notó una disminución de superficie sembrada considerablemente grande llegando a las 2,048 ha siendo la más baja registrada en el periodo y se dio en el año 2011. La mayor producción se dio en el año 1996 con 16,348.90 t, mientras que la más baja fue de cero en el año 2011 al igual que el rendimiento. El año 2016 se obtuvo el mayor rendimiento del periodo llegando a los 3.20 t/ha.

Cuadro 10.*Descripción de la producción del maíz de temporal en el municipio de Terrenate*

Año	Superficie sembrada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)	Valor de la producción \$
1992	5750.00	16324.00	2.84	11100.00
1993	6428.00	8915.00	1.40	6909.10
1994	8175.00	12968.00	1.70	7780.80
1995	8657.00	6925.60	0.84	6925.60
1996	6861.00	16348.90	2.38	17983.70
1997	7184.00	5347.00	1.00	6523.34
1998	4675.00	7012.50	1.50	12622.50
1999	4020.00	3504.00	1.20	3854.40
2000	4240.00	7622.00	2.00	9146.40
2001	3892.00	7550.50	1.94	9060.60
2002	2450.00	2241.00	1.50	3361.50
2003	2541.00	6042.80	2.38	8502.19
2004	2701.00	6509.41	2.41	9764.12
2005	2681.00	1340.50	0.50	1742.65
2006	2681.00	5630.10	2.10	10697.19
2007	2253.00	1789.60	0.80	4474.00
2008	2290.00	6755.50	2.95	18915.40
2009	2288.00	4576.00	2.00	13728.00
2010	2188.00	5448.12	2.49	15254.74
2011	2048.00	0.00	0.00	0.00
2012	2525.00	6269.20	2.80	20688.36
2013	2600.00	7800.00	3.00	22139.99
2014	2500.00	7500.00	3.00	19626.00
2015	2524.10	7824.71	3.10	24206.52
2016	2722.00	8710.40	3.20	29663.35
2017	2784.00	8741.76	3.14	27723.79
2018	3074.00	6280.38	2.07	23398.37
2019	2600.00	6188.00	2.38	19730.87
2020	2600.00	2860.00	1.10	11070.80
2021	2710.00	4959.30	1.83	19235.34
2022	2711.00	5693.10	2.10	33108.74

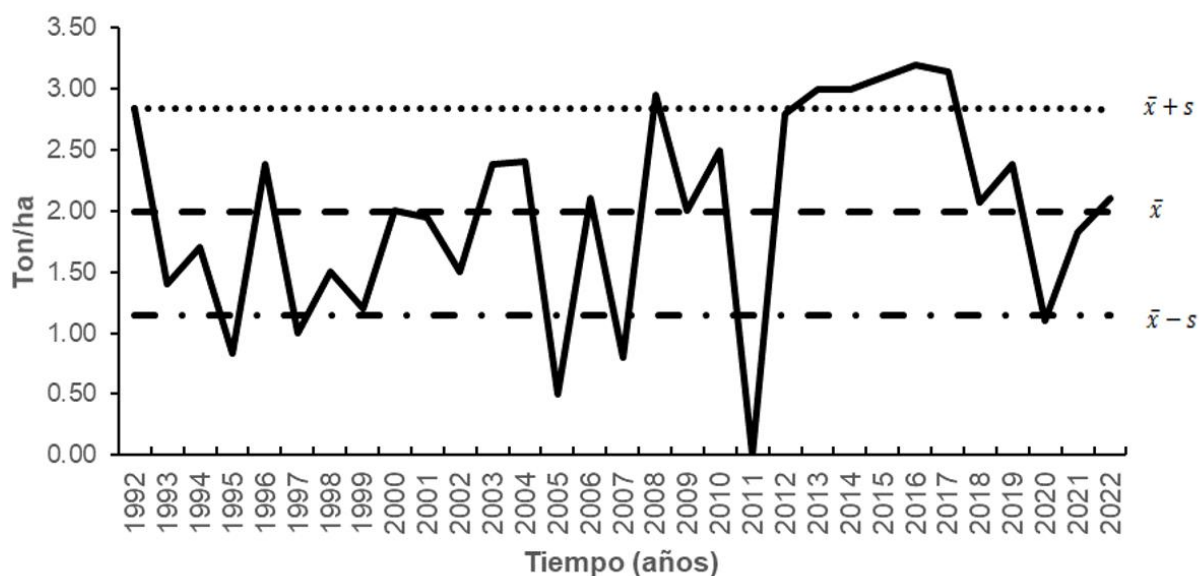
Nota: Adaptado con datos del SIAP, 2024.

La Ilustración 11 se observa el comportamiento del rendimiento del maíz y nos indica que hay siete años con altos rendimientos mayores a 2.84 t/ha (1992, 2008, 2013, 2014, 2015 2016 y 2017), seis años con bajos rendimientos menores a

1.14 t/ha (1995, 1997, 2005, 2007, 2011 y 2020) y 18 años con rendimientos normales entre 1.15 a 2.83 t/ha.

Ilustración 11.

Caracterización del rendimiento de maíz en Terrenate durante el periodo 1992-2022



Nota: Adaptado con datos del SIAP, 2024.

5.1.6. Análisis de la Producción y Rendimiento del Maíz en Xaloztoc

En 1994 fue un año donde se registró la mayor superficie sembrada con 3,427 ha, mientras que en el 2011 fue el año con menor superficie sembrada teniendo 1,706 ha, este mismo año se presenta la menor producción con tan solo 92.17 t y también el menor rendimiento con 0.44 t/ha. La mayor producción la obtuvo el año 1992 con 8,293 t, mientras que el mejor rendimiento obtenido fue de 3.24 t/ha en el año 2017. Vemos una gran diferencia significativa entre el menor al máximo rendimiento de 2.8 t/ha (Cuadro 11).

Cuadro 11.*Descripción de la producción del maíz de temporal en el municipio de Xaloztoc*

Año	Superficie sembrada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)	Valor de la producción \$
1992	2948.00	8293.00	2.81	6220.00
1993	2834.00	4251.00	1.50	3294.50
1994	3427.00	6259.00	1.90	3755.40
1995	3313.00	5632.10	1.70	5632.10
1996	3322.00	7972.80	2.40	8770.08
1997	3322.00	3307.00	1.00	4034.54
1998	2137.00	3419.20	1.60	6154.60
1999	3130.00	1836.00	1.20	1982.90
2000	3115.00	4902.54	2.00	5883.10
2001	2720.00	5657.60	2.08	6789.10
2002	2675.00	3015.00	1.63	4522.50
2003	2546.00	6365.00	2.50	9356.60
2004	2531.00	6125.02	2.42	9187.53
2005	2551.00	1785.70	0.70	2321.41
2006	2551.00	5102.00	2.00	9693.80
2007	2568.00	4879.20	1.90	12198.00
2008	2590.00	7640.50	2.95	21393.40
2009	2490.00	4482.00	1.80	13446.00
2010	2290.00	5747.90	2.51	16094.12
2011	1706.00	92.17	0.44	414.77
2012	2241.00	5322.80	2.80	17565.24
2013	2300.00	6670.00	2.90	19035.58
2014	2010.00	6030.00	3.00	15825.01
2015	2173.53	6737.94	3.10	20858.30
2016	1910.00	6112.00	3.20	20812.77
2017	1934.00	6266.16	3.24	19727.75
2018	2118.00	5197.78	2.71	18915.29
2019	1600.00	3904.00	2.44	12371.11
2020	1680.00	4032.00	2.40	15688.79
2021	1710.00	5147.10	3.01	20050.79
2022	1708.00	4270.00	2.50	24877.32

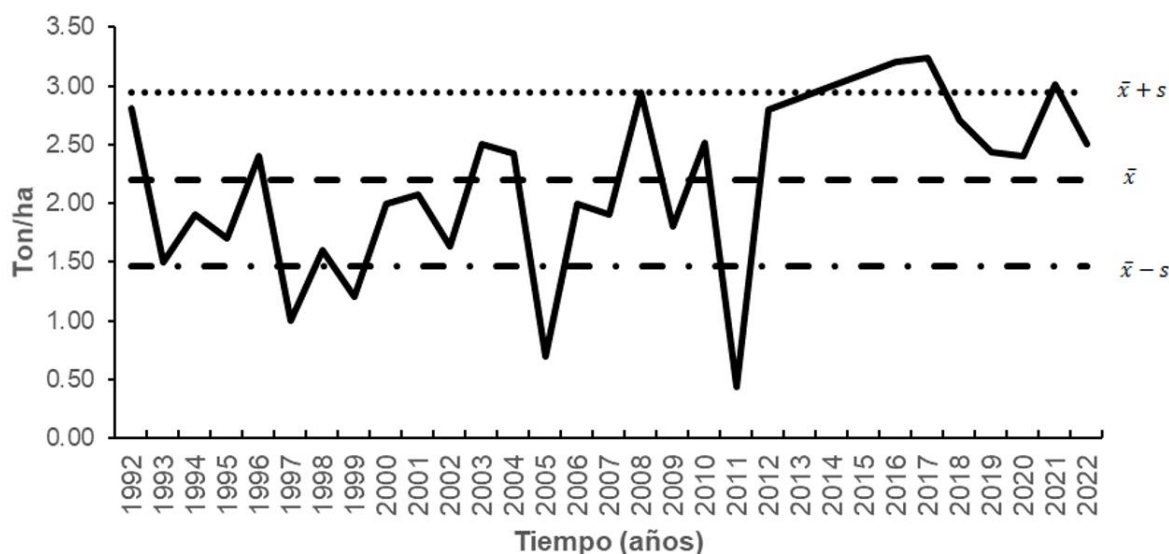
Nota: Adaptado con datos del SIAP, 2024.

En la Ilustración 11 indica el comportamiento del rendimiento del maíz durante el periodo 1992-2022, indicando que hay seis años con altos rendimientos mayores a 1.94 t/ha (2008, 2014, 2015, 2016, 2017) y 2021, cuatro con rendimientos

bajos menores a 1.47 t/ha (1997, 1999, 2005 y 2011) y 21 años que se encuentran con rendimientos medios entre 1.48 a 1.93 t/ha.

Ilustración 11.

Caracterización del rendimiento de maíz en Xaloztoc durante el periodo 1992-2022



Nota: Adaptado con datos del SIAP, 2024.

5.1.7. Análisis de la Producción y Rendimiento del Maíz en Tzompantepec

Basado en la Cuadro 12 se muestra una mayor superficie sembrada en el año de 1994 con 4,328 ha, pero en 1992 fue la mayor producción de 18,736 t y también el mejor rendimiento con 5.01 t/ha. En cambio, la menor superficie sembrada se registró en 2012 con 1,139 ha, nuevamente el año 2011 se marca como el menor en producción con 753.14 t y también con el menor rendimiento teniendo 0.46 t/ha.

Cuadro 12.

Descripción de la producción del maíz de temporal en el municipio de Tzompantepec

Año	Superficie sembrada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)	Valor de la producción \$
1992	3738.00	18736.00	5.01	14052.00
1993	3722.00	5583.00	1.50	4326.80
1994	4328.00	10820.00	2.50	6492.00
1995	4124.00	7423.20	1.80	7423.20
1996	2117.00	5080.80	2.40	5588.90
1997	2117.00	1566.00	1.00	1910.52
1998	1589.00	2383.50	1.50	4290.30
1999	2932.00	3098.00	1.20	3345.80
2000	1843.00	3686.00	2.00	4423.20
2001	2158.00	6042.40	2.80	7250.90
2002	2140.00	3069.00	1.80	4603.50
2003	2324.00	6042.40	2.60	8882.30
2004	2434.00	5768.58	2.37	8652.87
2005	2424.00	2424.00	1.00	3151.20
2006	2424.00	4823.76	1.99	9165.14
2007	2412.00	5065.20	2.10	12663.00
2008	2452.00	7233.40	2.95	20253.52
2009	2452.00	7110.80	2.90	21332.40
2010	2400.00	6024.00	2.51	16867.20
2011	2400.00	753.14	0.46	3389.13
2012	1139.00	3198.70	2.90	10555.71
2013	1200.00	3600.00	3.00	10125.00
2014	1140.00	3420.00	3.00	8984.99
2015	1162.35	3603.29	3.10	11132.11
2016	1210.00	3869.58	3.20	13172.59
2017	2110.00	6562.10	3.11	20467.19
2018	2335.00	5874.00	2.64	21828.20
2019	1965.00	4637.40	2.36	14787.60
2020	1900.00	5890.00	3.10	22564.00
2021	1960.00	5899.60	3.01	22627.68
2022	1962.00	5689.80	2.90	33123.34

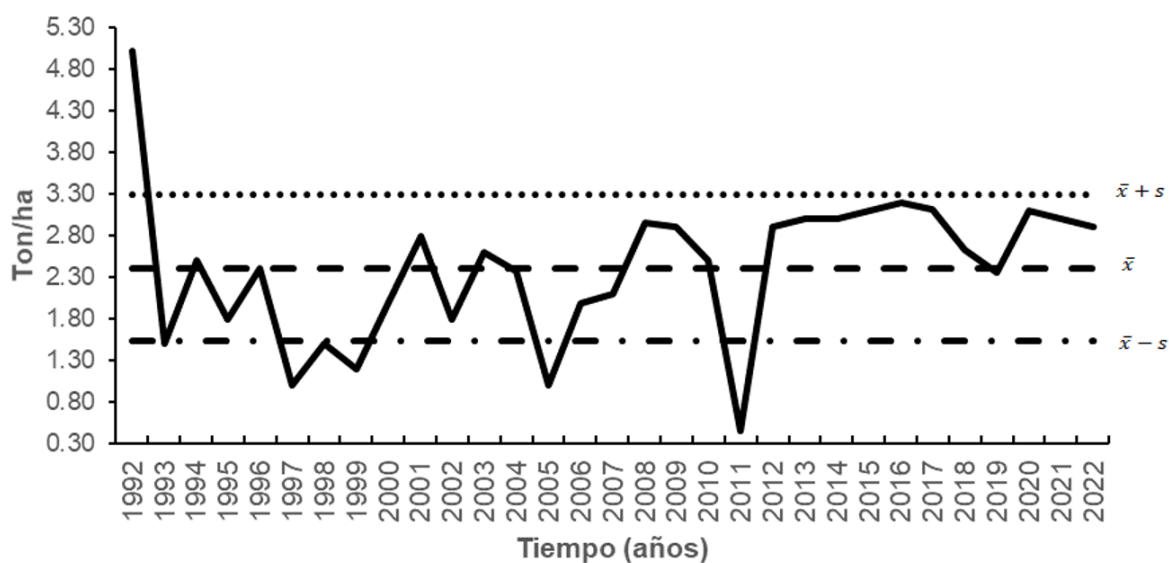
Nota: Adaptado con datos del SIAP, 2024.

La Ilustración 12 describe el comportamiento del rendimiento y nos indica un solo año con alto rendimiento con 5.01 t/ha en 1992 mientras que hay seis años con

bajos rendimientos menores a 1.53 t/ha (1993, 1997, 1998, 1999, 2005 y 2011) y 24 años con rendimientos medios entre 1.54 a 3.29 t/ha.

Ilustración 12.

Caracterización del rendimiento de maíz en Tzompantepec durante el periodo 1992-2022



Nota: Adaptado con datos del SIAP, 2024.

5.1.8. Análisis de la Producción y Rendimiento del Maíz en Ixtenco

El año 2018 fue el mayor en superficie sembrada teniendo 3,771 ha, mientras que el más bajo se registró en 2002 con 1,450 ha. Sin embargo, la mejor producción se dio en el año 2017 con 11,903.72 t, siendo este mismo año el mejor rendimiento con 3.16 t/ha. El año 1997 resalta por ser el menor en producción durante el periodo teniendo 1,116 t siendo este también el más bajo en rendimiento con 1.0 t/ha al igual que el año 2005 (Cuadro 13).

Cuadro 13.*Descripción de la producción del maíz de temporal en el municipio de Ixtenco*

Año	Superficie sembrada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)	Valor de la producción \$
1992	1750.00	5250.00	3.00	3570.00
1993	1721.00	2582.00	1.50	2001.00
1994	1749.00	4373.00	2.50	2623.80
1995	1758.00	3128.40	1.80	3128.40
1996	1766.00	4238.40	2.40	4662.24
1997	1766.00	1116.00	1.00	1361.52
1998	1686.00	2354.80	1.40	4238.60
1999	1766.00	1813.00	1.20	1959.10
2000	1779.00	2289.00	2.10	2746.70
2001	1784.00	4816.80	2.70	5780.20
2002	1450.00	3190.00	2.20	4785.00
2003	1618.00	3947.90	2.44	5803.40
2004	1623.00	3846.51	2.37	5769.77
2005	1703.00	1703.00	1.00	2213.90
2006	1703.00	3746.60	2.20	7118.54
2007	1647.00	4117.50	2.50	10293.75
2008	1667.00	4917.65	2.95	13769.42
2009	1667.00	4500.90	2.70	13502.70
2010	1685.00	4195.65	2.49	11747.82
2011	1685.00	3377.50	2.50	15198.75
2012	2932.00	8444.80	2.90	27867.84
2013	2940.00	8232.00	2.80	23768.42
2014	2945.00	8835.00	3.00	23211.05
2015	2858.63	7146.58	2.50	22739.13
2016	3017.00	9352.70	3.10	31892.15
2017	3767.00	11903.72	3.16	37902.28
2018	3771.00	7315.74	1.94	27659.64
2019	3350.00	10251.00	3.06	32854.04
2020	3590.00	11200.80	3.12	43861.32
2021	3620.00	10896.20	3.01	42723.78
2022	3621.00	11225.10	3.10	65340.75

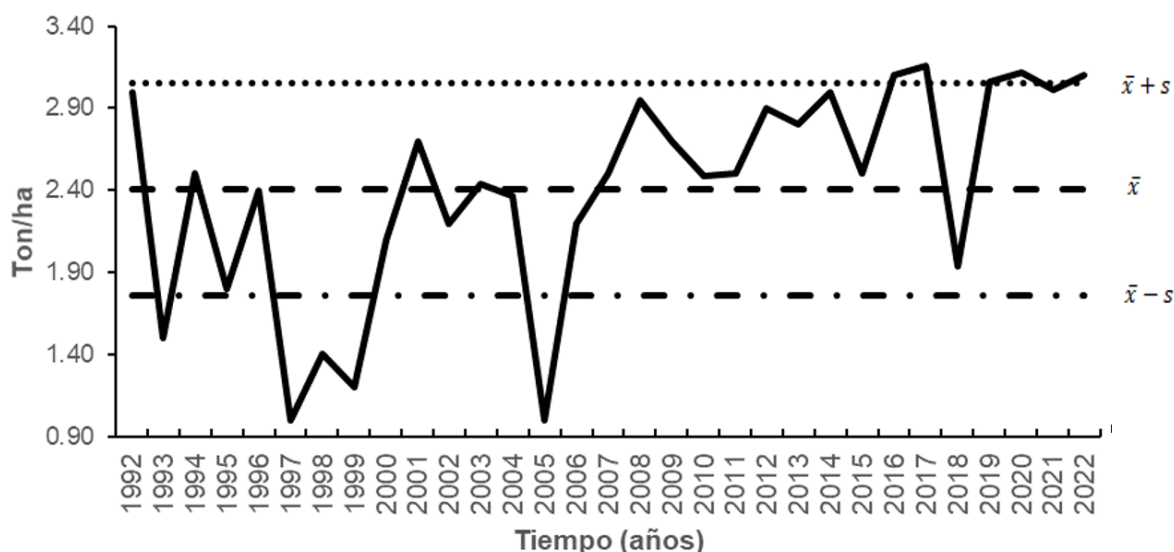
Nota: Adaptado con datos del SIAP, 2024.

En la Ilustración 13 señala el comportamiento del rendimiento y se puede observar que hay cinco años con rendimiento altos mayores a 3.05 t/ha (2016, 2017,

2019, 2020 y 2022), cinco con rendimientos bajos menores a 1.76 t/ha (1993, 1997, 1998, 1999 y 2005) y 21 años con rendimientos medios entre 1.77 a 3.04 t/ha.

Ilustración 13.

Caracterización del rendimiento de maíz en Ixtenco durante el periodo 1992-2022



Nota: Adaptado con datos del SIAP, 2024.

5.1.9. Análisis de la Producción y Rendimiento del Maíz en San José Teacalco

De los años 1992 a 1995 no se obtuvo registró ningún dato en el SIAP, los años 1996 y 1997 fueron los más altos en superficie sembrada con 1,938 ha, mientras que el año más bajo fue 2011 con 900 ha en superficie sembrada. La mejor producción la tiene el año 2018 con 5,174.40 t y nuevamente el año 2011 es el más bajo en producción con 174.25 t, el mejor rendimiento se dio en el año 2013 con 3.40 t/ha, mientras el más bajo se registró en 2005 con 0.85 t/ha (Cuadro 14).

Cuadro 14.

Descripción de la producción del maíz de temporal en el municipio de San José Teacalco

Año	Superficie sembrada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)	Valor de la producción \$
1992	0.00	0.00	0.00	0.00
1993	0.00	0.00	0.00	0.00
1994	0.00	0.00	0.00	0.00
1995	0.00	0.00	0.00	0.00
1996	1938.00	4651.20	2.40	5116.30
1997	1938.00	1434.00	1.00	1749.48
1998	1466.00	2199.00	1.50	3958.20
1999	1100.00	1320.00	1.20	1426.40
2000	1110.00	2212.00	2.00	2654.40
2001	1007.00	2819.60	2.80	3383.50
2002	999.00	1431.00	1.80	2146.50
2003	960.00	2275.20	2.37	3344.50
2004	980.00	2312.80	2.36	3469.20
2005	1000.00	850.00	0.85	1105.00
2006	1000.00	2190.00	2.19	4161.00
2007	998.00	2395.20	2.40	5988.00
2008	902.00	2669.92	2.96	7475.78
2009	902.00	2615.80	2.90	7847.40
2010	902.00	2255.00	2.50	6314.00
2011	900.00	174.25	1.03	784.13
2012	1215.00	3318.00	2.80	10949.40
2013	1200.00	4080.00	3.40	11668.80
2014	1104.00	3312.00	3.00	8737.19
2015	1110.38	3442.18	3.10	10619.50
2016	1250.00	4006.25	3.21	13653.30
2017	1254.00	3272.94	2.61	10403.99
2018	1760.00	5174.40	2.94	18820.74
2019	1500.00	4620.00	3.08	14653.67
2020	1540.00	5097.40	3.31	20036.10
2021	1550.00	4665.50	3.01	18360.14
2022	1551.00	4497.90	2.90	26184.17

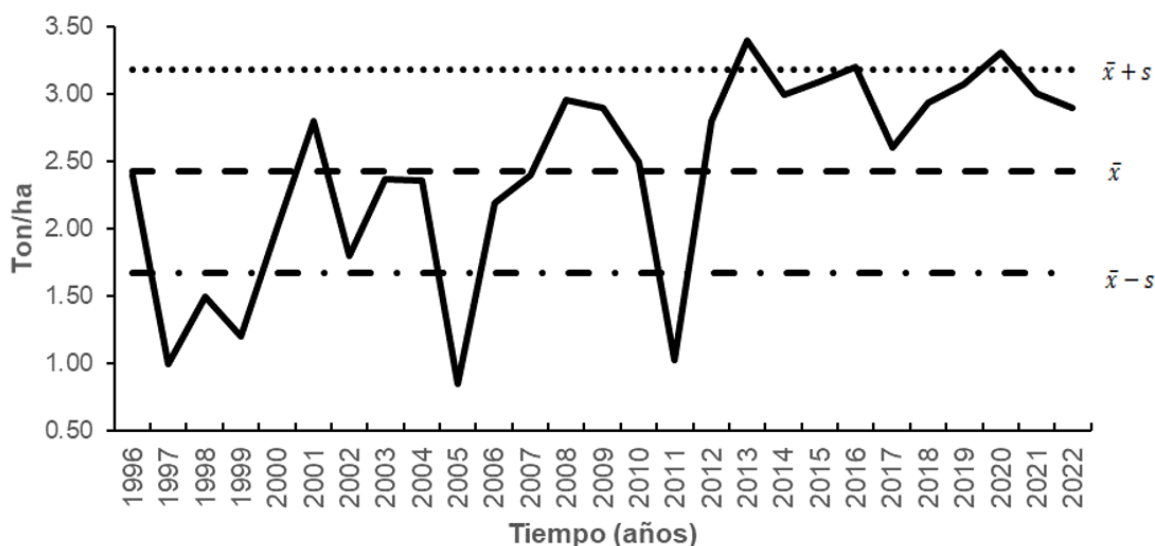
Nota: Adaptado con datos del SIAP, 2024.

En la Ilustración 13 se manifiesta el comportamiento del rendimiento del maíz y se cuantifican tres años con rendimientos altos mayores a 3.18 t/ha (2013, 2016 y

2020), cinco años con bajos rendimientos menores a 1.68 t/ha (1997, 1998, 1999, 2005 y 2011) y 19 años con rendimiento medios entre 1.69 a 3.17 t/ha.

Ilustración 13.

Caracterización del rendimiento de maíz en San José Teacalco durante el periodo 1996-2022



Nota: Adaptado con datos del SIAP, 2024.

5.1.10. Análisis de la Producción y Rendimiento del Maíz en El Carmen Tequexquitla

La menor superficie sembrada se registró en el año 1994 con 368 ha, mientras el año más alto fue 2018 con 2,171 ha, se puede observar cómo ha ido incrementando con los años la superficie sembrada. La producción más alta se dio también en el año 2018 con 5,166.98 t, los años 1999, 2002 y 2011 fueron los más bajos en producción y rendimiento teniendo 0 t, sin embargo, el año 2016 se mostró como el más alto en rendimiento con 3.10 t/ha seguido del año 2014 con 3 t/ha (Cuadro 15).

Cuadro 15.

Descripción de la producción del maíz de temporal en el municipio de El Carmen Tequexquitla

Año	Superficie sembrada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)	Valor de la producción \$
1992	730.00	1890.00	2.59	1418.00
1993	431.00	157.00	1.20	121.70
1994	368.00	133.00	1.40	79.80
1995	453.00	588.90	1.39	588.90
1996	535.00	1212.00	2.40	1333.20
1997	535.00	35.00	1.00	42.70
1998	421.00	402.00	1.00	723.60
1999	525.00	0.00	0.00	0.00
2000	515.00	67.50	1.50	81.00
2001	511.00	700.10	1.37	840.10
2002	450.00	0.00	0.00	0.00
2003	520.00	1060.20	2.04	1558.50
2004	548.00	1271.36	2.32	1907.04
2005	560.00	196.00	0.35	254.80
2006	560.00	1108.80	1.98	2106.72
2007	550.00	990.00	1.80	2475.00
2008	560.00	1657.60	2.96	4641.28
2009	560.00	504.00	0.90	1512.00
2010	560.00	1405.60	2.51	3935.68
2011	560.00	0.00	0.00	0.00
2012	971.00	2083.80	2.30	6876.54
2013	850.00	1955.00	2.30	5609.70
2014	820.00	2460.00	3.00	6462.00
2015	927.99	835.19	0.90	2582.12
2016	950.00	2945.00	3.10	10013.00
2017	1883.00	4876.97	2.59	15023.55
2018	2171.00	5166.98	2.38	19014.90
2019	2026.00	3039.00	1.50	9663.08
2020	1961.00	2353.20	1.20	9060.90
2021	2060.00	3543.20	1.72	13663.15
2022	1966.00	4128.60	2.10	23991.58

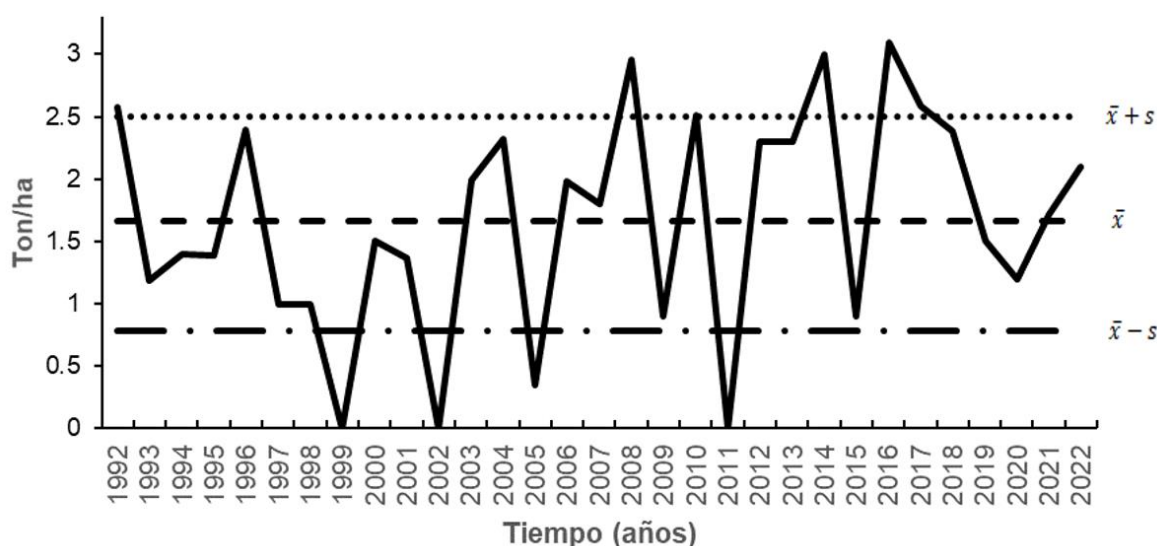
Nota: Adaptado con datos del SIAP, 2024.

Se observa en la Ilustración 14 el comportamiento del rendimiento del maíz y se muestra seis años con altos rendimientos mayores a 2.5 t/ha (1992, 2008, 2010,

2014, 2016 y 2017), cuatro con rendimientos bajos menores a 0.78 t/ha (1999, 2002, 2005 y 2011) y 21 con rendimientos medios entre 0.79 a 2.4 t/ha.

Ilustración 14.

Caracterización del rendimiento de maíz en El Carmen Tequexquitla durante el periodo 1992-2022



Nota: Adaptado con datos del SIAP, 2024.

5.1.11. Análisis de la Producción y Rendimiento del maíz en Tocatlán

Se pueden observar el año 2014 con la mayor superficie sembrada teniendo 1,200 ha, año mismo con la mejor producción con 3,600 t mientras que el año 2019 fue el menor en superficie sembrada con 550 ha, mientras que el año 2011 nuevamente vuelve hacer el más bajo en producción con 115.05 t y el más bajo en rendimiento teniendo 0.39 t/ha. El año más alto en rendimiento fue 2016 con 3.22 t/ha, el segundo más alto fue 2019 con 3.20 t/ha (Cuadro 16).

Cuadro 16.*Descripción de la producción del maíz de temporal en el municipio de Tocatlán*

Año	Superficie sembrada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)	Valor de la producción \$
1992	650.00	1560.00	2.40	1170.00
1993	888.00	1243.00	1.40	963.30
1994	966.00	1884.00	2.29	1130.40
1995	898.00	883.00	1.00	883.00
1996	871.00	2090.40	2.40	2299.11
1997	971.00	951.00	1.00	1160.22
1998	841.00	1177.40	1.40	2119.30
1999	971.00	563.00	1.20	608.40
2000	985.00	1765.00	2.00	2118.00
2001	810.00	1944.00	2.40	2332.80
2002	725.00	769.50	1.71	1154.30
2003	651.00	1595.00	2.45	2344.70
2004	631.00	1482.85	2.35	2224.28
2005	651.00	618.45	0.95	803.99
2006	651.00	1432.20	2.20	2721.18
2007	675.00	1269.00	1.88	3172.50
2008	677.00	1997.15	2.95	5592.02
2009	677.00	1895.60	2.80	5686.80
2010	657.00	1649.07	2.51	4617.40
2011	657.00	115.05	0.39	517.73
2012	976.00	2627.40	2.90	8670.42
2013	1020.00	3264.00	3.20	9385.60
2014	1200.00	3600.00	3.00	9447.01
2015	1134.74	3517.69	3.10	10875.26
2016	748.00	2404.82	3.22	8199.47
2017	691.00	1478.74	2.14	4616.02
2018	724.00	1648.64	2.56	6129.17
2019	550.00	1760.00	3.20	5611.64
2020	580.00	1687.80	2.91	6609.26
2021	597.00	1796.97	3.01	7044.95
2022	598.00	1734.20	2.90	10094.83

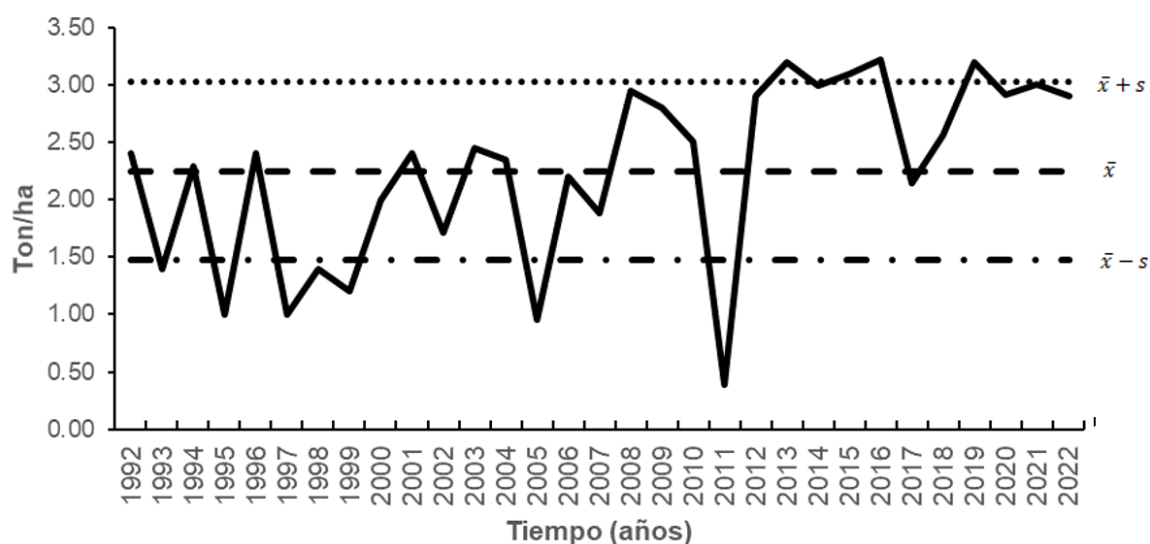
Nota: Adaptado con datos del SIAP, 2024.

Basado en la Ilustración 15 se aprecia el comportamiento del rendimiento del maíz y se muestra cuatro años con altos rendimientos mayores a 3.03 t/ha (2013,

2015, 2016 y 2019), siembre con rendimientos bajos menores a 1.47 t/ha (1993, 1995, 1997, 1998, 1999, 2005 y 2011) y 20 años con rendimientos medios entre 1.48 a 3.02 t/ha.

Ilustración 15.

Caracterización del rendimiento de maíz en Tocatlán durante el periodo 1992-2022



Nota: Adaptado con datos del SIAP, 2024.

5.1.12. Análisis de la Producción y Rendimiento del maíz en Emiliano Zapata

De los años 1992 a 1995 no se obtuvo registro, el año con mayor superficie sembrada se dio en 2018 con 1,384 ha seguido del 2017 con 1,365 ha, este mismo año fue en mayor en producción llegando a las 4,327.05 t, mientras que el menor nuevamente se registró en el año 2011 con 459.51 t. El mejor rendimiento se obtuvo en el año 2016 con 3.21 t/ha seguido del año 2017 con 3.17 t/ha, el año 2005 fue más bajo en rendimiento con y tan solo 0.45 t/ha (Cuadro 17).

Cuadro 17.

Descripción de la producción del maíz de temporal en el municipio de Emiliano Zapata

Año	Superficie sembrada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)	Valor de la producción \$
1992	0.00	0.00	0.00	0.00
1993	0.00	0.00	0.00	0.00
1994	0.00	0.00	0.00	0.00
1995	0.00	0.00	0.00	0.00
1996	1175.00	2937.50	2.50	3231.25
1997	1230.00	915.00	1.00	1116.30
1998	822.00	1227.00	1.50	2208.60
1999	520.00	480.00	1.20	518.70
2000	364.00	728.00	2.00	873.60
2001	295.00	556.80	1.89	668.10
2002	186.00	169.50	1.50	254.30
2003	479.00	1053.80	2.20	1549.10
2004	479.00	1154.39	2.41	1731.59
2005	485.00	218.25	0.45	283.73
2006	485.00	1028.20	2.12	1953.58
2007	480.00	912.00	1.90	2280.00
2008	450.00	1318.50	2.93	3691.80
2009	450.00	774.00	1.72	2322.00
2010	450.00	1129.50	2.51	3162.60
2011	450.00	459.51	1.73	2067.80
2012	944.00	2483.60	2.80	8195.88
2013	910.00	2639.00	2.90	7531.28
2014	903.00	2709.00	3.00	7106.41
2015	824.99	2557.47	3.10	7906.78
2016	905.00	2905.05	3.21	9877.17
2017	1365.00	4327.05	3.17	13913.63
2018	1384.00	3847.52	2.78	13953.76
2019	1200.00	2172.00	1.81	6875.36
2020	1290.00	1548.00	1.20	6024.12
2021	1299.00	2208.30	1.70	8604.70
2022	1301.00	2341.80	1.80	13609.42

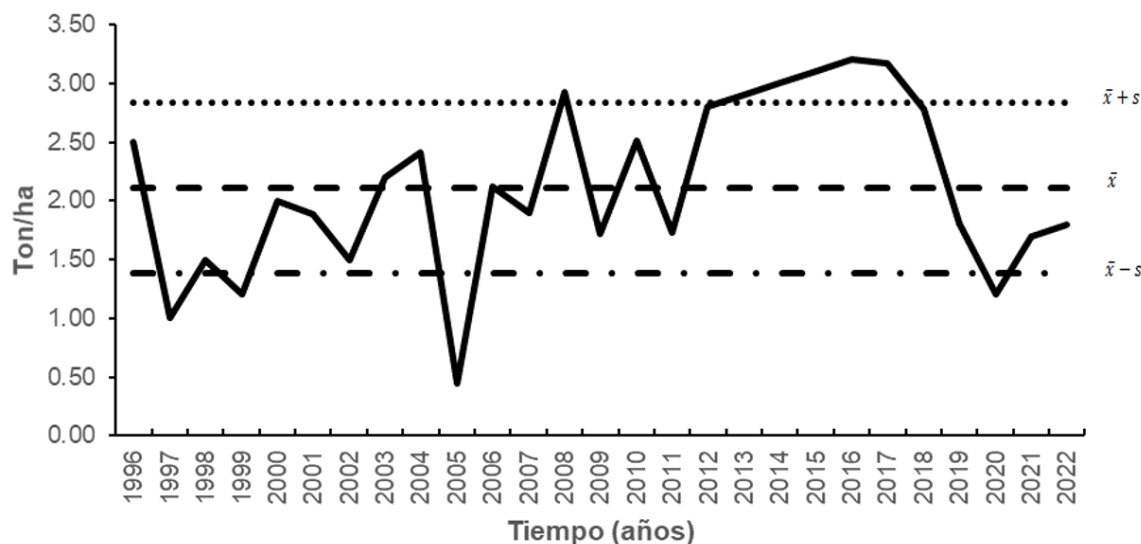
Nota: Adaptado con datos del SIAP, 2024.

A partir de la Ilustración 16 se percibe el comportamiento del rendimiento del maíz del periodo 1996 a 2022 y se cuantifican seis años con rendimientos altos

mayores a 2.84 t/ha (2008, 2013, 2014, 2015, 2016 y 2017), cuatro años con bajos rendimientos menores a 1.38 t/ha (1997, 1999, 2005 y 2020) y 17 años con rendimientos medios entre 1.39 a 2.83 t/ha.

Ilustración 16.

Caracterización del rendimiento de maíz en Emiliano Zapata durante el periodo 1996-2022



Nota: Adaptado con datos del SIAP, 2024.

5.1.13. Análisis de la Producción y Rendimiento del Maíz en Lázaro Cárdenas

De los años 1992 a 1995 no se registró en el SIAP, el año con mayor superficie sembrada se dio en 1999 con 685 ha, mientras que el más bajo fue de 352 ha en el año 1998. El año con mayor producción se registró en 2014 con 1,740 t, mientras que nuevamente el año 2011 nuevamente se presenta como el año más bajo en producción con 33.49 t, este mismo año obtuvo el más bajo rendimiento con tan solo 0.39 t/ha seguido del año 2005 con 0.45 t/ha, así mismo el año con mejor rendimiento lo tiene 2017 con 3.25 t/ha (Cuadro 118).

Cuadro 18.

Descripción de la producción del maíz de temporal en el municipio de Lázaro Cárdenas

Año	Superficie sembrada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)	Valor de la producción \$
1992	0.00	0.00	0.00	0.00
1993	0.00	0.00	0.00	0.00
1994	0.00	0.00	0.00	0.00
1995	0.00	0.00	0.00	0.00
1996	477.00	1144.80	2.40	1259.28
1997	499.00	371.00	1.00	452.62
1998	352.00	525.00	1.50	945.00
1999	685.00	582.00	1.20	628.90
2000	658.00	1216.00	2.00	1459.20
2001	658.00	1276.50	1.94	1531.80
2002	414.00	379.00	1.50	568.50
2003	575.00	1380.00	2.40	2028.60
2004	605.00	1439.90	2.38	2159.85
2005	595.00	267.75	0.45	348.08
2006	595.00	1184.05	1.99	2249.70
2007	585.00	1053.00	1.80	2632.50
2008	585.00	1725.75	2.95	4832.10
2009	585.00	643.50	1.10	1930.50
2010	525.00	1317.75	2.51	3689.70
2011	525.00	33.49	0.39	150.71
2012	509.00	817.80	2.90	2698.74
2013	500.00	1500.00	3.00	4350.00
2014	580.00	1740.00	3.00	4551.00
2015	387.45	1201.10	3.10	3720.48
2016	440.00	1408.00	3.20	4787.20
2017	450.00	1462.50	3.25	4702.74
2018	456.00	1377.12	3.02	5061.05
2019	350.00	843.50	2.41	2678.63
2020	421.00	463.10	1.10	1811.30
2021	423.00	592.20	1.40	2319.19
2022	424.00	695.36	1.64	4044.72

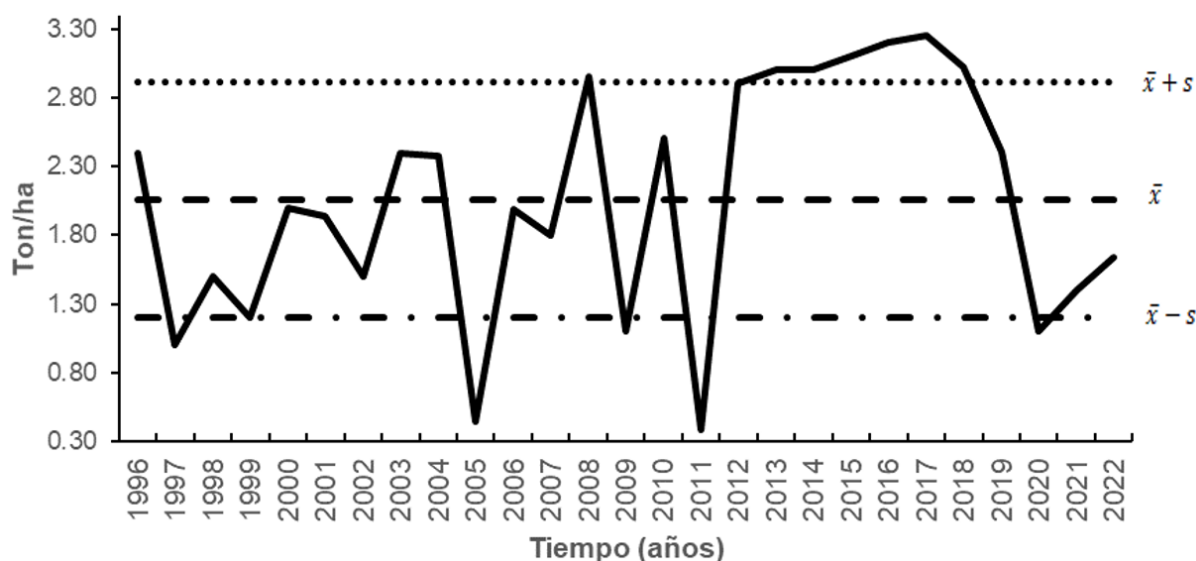
Nota: Adaptado con datos del SIAP, 2024.

Los datos de la Ilustración 17 representan el comportamiento del rendimiento del maíz y se cuantifican siete años con rendimientos altos mayores a 2.91 t/ha

(2008, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 y 2018), seis años con bajos rendimientos menores a 1.20 t/ha (1997, 1999, 2005, 2009, 2011 y 2020) y 14 años con rendimientos medios entre 1.21 a 2.90 t/ha.

Ilustración 17.

Caracterización del rendimiento de maíz en Lázaro Cárdenas durante el periodo 1996-2022



Nota: Adaptado con datos del SIAP, 2024.

5.1.14. Discusión del Análisis de los Resultados de la Producción del Maíz de la Región Oriente-Huamantla

Como se mostró anteriormente en todos los municipios analizados de la región Oriente-Huamantla, los años con bajos rendimientos tienden a concentrarse en ciertos periodos específicos, destacando particularmente los años 1997, 1999, 2005 y 2011. Estos años aparecen repetidamente en la mayoría de los municipios, sugiriendo que factores externos climáticos.

El año 2005 uno de los más críticos, aparece en todos los 13 municipios como un año con bajos rendimientos. De acuerdo con la Organización Meteorológica Mundial (OMM) (2006, pp. 4-10), en su declaración sobre el estado del clima mundial en 2005, ese año se caracterizó por ser uno de los más cálidos jamás registrados desde 1850, con una temperatura media global superficial que superó

entre 0,47 °C y 0,58 °C la media anual de 14 °C correspondiente al período 1961-1990. Este fenómeno posicionó a 2005 como el segundo año más cálido de la historia hasta ese momento. Además, estuvo marcado por eventos meteorológicos extremos que tuvieron consecuencias devastadoras a nivel mundial.

La temporada de huracanes de 2005 fue particularmente intensa, destacándose la formación de algunos de los ciclones tropicales más destructivos jamás documentados, como el huracán Stan, cuyas lluvias torrenciales provocaron inundaciones y deslizamientos de tierra en México, Nicaragua, Honduras y El Salvador, causando cientos de muertes y graves daños materiales. En total, los fenómenos climáticos extremos de ese año cobraron más de 3 mil vidas solo en América Central y Estados Unidos, además de generar impactos económicos significativos.

En otras regiones del mundo, las condiciones climáticas también fueron adversas, pues se registraron inundaciones catastróficas debido a fuertes precipitaciones, mientras que una prolongada sequía continuó afectando zonas de África, Australia y el oeste de Estados Unidos. Asimismo, el agujero de ozono alcanzó su tercer mayor tamaño histórico, solo superado por los registros de 2000 y 2003. Estos eventos subrayan la magnitud de los desafíos climáticos globales durante 2005 y su impacto directo en la agricultura, los ecosistemas y las comunidades humanas.

Este contexto explica, en gran medida, los bajos rendimientos agrícolas observados en los municipios analizados durante 2005, donde las condiciones climáticas extremas probablemente dañaron los cultivos y redujeron la productividad del maíz de temporal.

El año 2011 destaca como uno de los más problemáticos, apareciendo en 10 de los 13 municipios con los más bajos rendimientos. Al igual que en 2005, es probable que este fenómeno esté asociado con eventos climáticos extremos. Lazos Chavero (2014, p. 205) destaca que, la producción agrícola en Tlaxcala depende en gran medida de las condiciones climáticas, un factor que los agricultores identifican consistentemente como el principal desafío productivo. Las caídas abruptas en los

rendimientos suelen estar asociadas con fenómenos climáticos adversos, como sequías e intensas heladas. Un ejemplo claro de esto ocurrió en 2011, cuando una helada atípica provocó la pérdida del 50% de la superficie cultivada de maíz, lo que resultó en una producción de apenas 130,000 t. Este desempeño contrasta notablemente con el año récord de 1992, cuando la producción alcanzó un máximo histórico de 400,000 t.

Este análisis refleja como la helada de 2011 pueden tener un impacto devastador en la agricultura de temporal local, exacerbando la vulnerabilidad de los productores que dependen principalmente de condiciones climáticas favorables para garantizar buenos rendimientos.

Los fenómenos climáticos extremos, como las altas temperaturas, sequías e intensas heladas que afectaron significativamente los rendimientos agrícolas en años clave, por ejemplo, 2005 y 2011, serán analizados con mayor detalle en la sección de Resultados de Riesgos Climáticos que se presenta a continuación. Mostrando evidencias que permitirán constatar si estos eventos adversos impactaron directamente en la producción de maíz en los municipios estudiados. A través de esta sección, se busca no solo validar las tendencias observadas, sino también identificar patrones recurrentes que puedan servir como base.

5.2. Riesgos por Variabilidad Climática de la Región Oriente-Huamantla del Estado de Tlaxcala

La agricultura de temporal del maíz en la región Oriente-Huamantla se ve afectada por los eventos climáticos extremos más frecuentes como las sequías, lluvias intensas y heladas. A continuación, se analizan los eventos climáticos extremos que han tenido presencia en el espacio y el tiempo en la región Oriente-Huamantla.

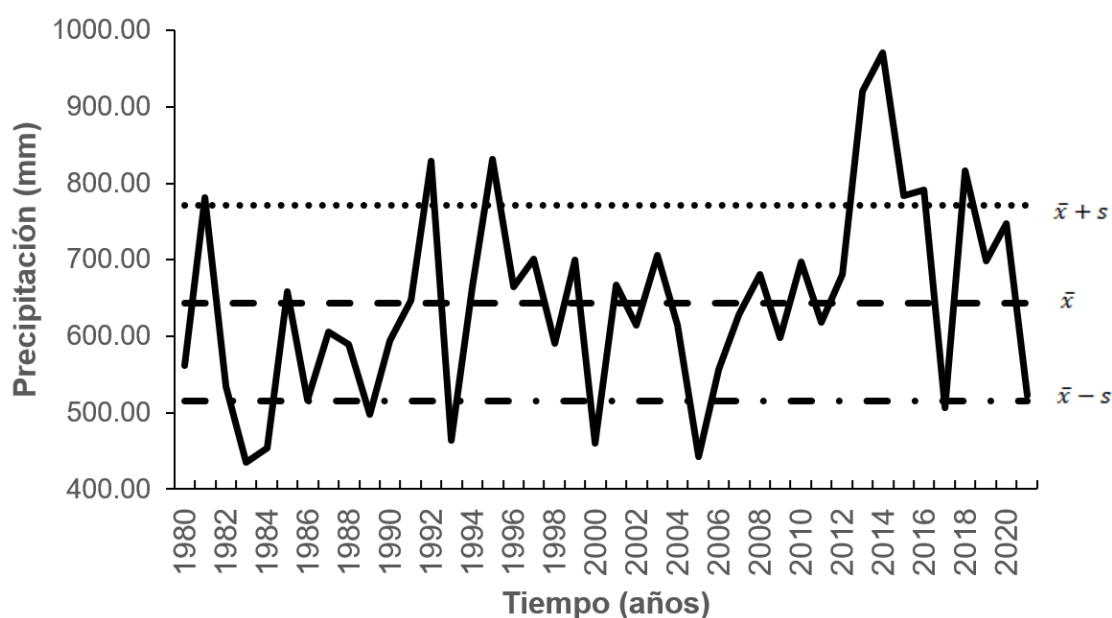
5.2.1. Riesgos por Lluvia y Heladas en Huamantla

En la Ilustración 18 se puede observar el comportamiento de la lluvia durante el periodo 1980-2021, nos señala que hay ocho años con exceso de humedad mayores a 771.82 mm (1981, 1992, 1995, 2013, 2014, 2015 y 2018), son años con sequía y se contabilizan ocho menores a 515.80 mm (1983, 1984, 1997, 1989, 1993, 2000, 2005, 2017 y 2021) y finalmente son años con lluvia normal, los cuales son

25 entre 515.81 a 771.81 mm. Los resultados indican que Huamantla tiene las mismas probabilidades de experimentar años con lluvias intensas y años con sequías. Estos datos perciben un equilibrio en la frecuencia de años extremos tanto en términos de excesiva humedad como de sequías.

Ilustración 18.

Caracterización de los años secos y húmedos en Huamantla durante el periodo 1980-2021



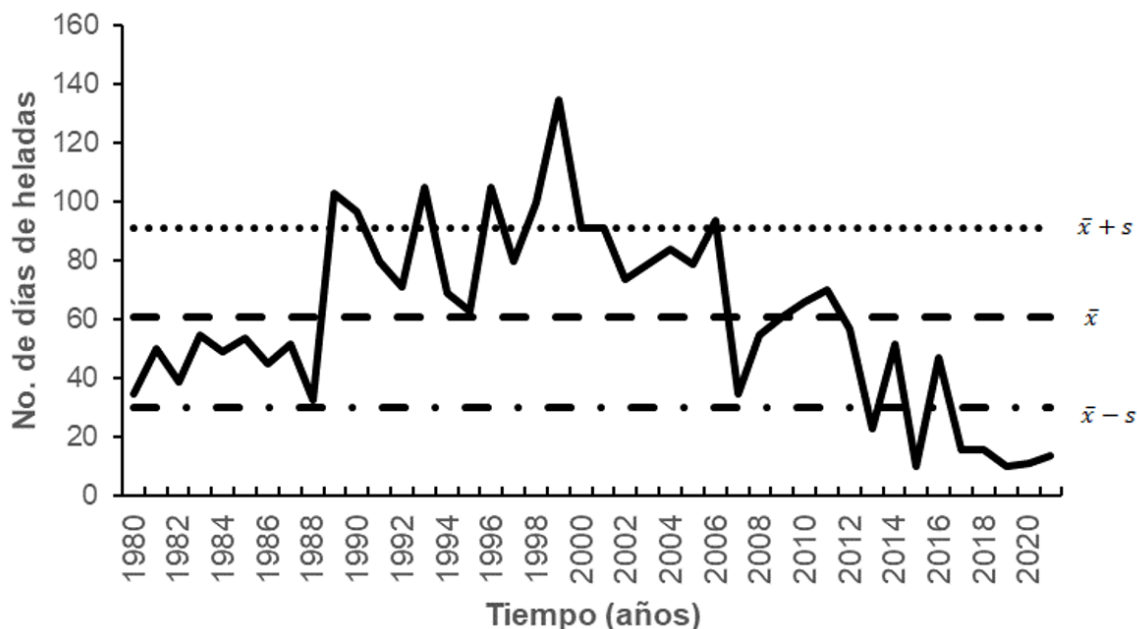
Nota: Adaptado con datos del CONAGUA, 2024.

$\bar{x}$ = Promedio, s = Desviación estándar

Tal como indica la Ilustración 19 el comportamiento de número de las heladas durante el periodo 1980-2021, marca siete años con alta frecuencia mayores a 91 días con heladas (1989, 1993, 1996, 1999, 2000, 2001 y 2006) se contabilizan siete menores a 30 días con heladas (2013, 2015, 2017, 2018, 2019, 2020 y 2021) por último, son 27 años normales, entre 32 a 90 días con heladas. Estos datos evidencian una notable variabilidad climática en Huamantla, con un equilibrio en la frecuencia de años extremos tanto en términos de heladas intensas como de heladas leves

Ilustración 19.

Caracterización del número de heladas en Huamantla durante el periodo 1980-2021

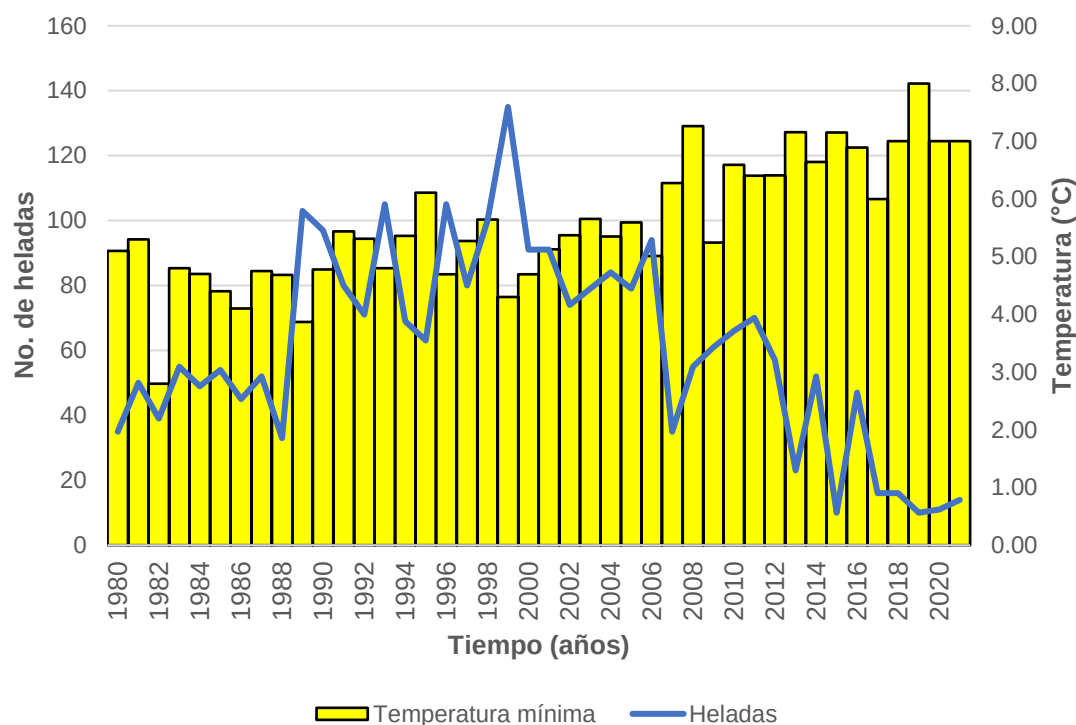


Nota: Adaptado con datos del CONAGUA, 2024.

El número de heladas y la temperatura mínima tienen una fuerte relación, se puede apreciar que a mayor temperatura la probabilidad de número de heladas es menor como se muestra en los últimos cuatro años donde la temperatura mínima fue mayor a los 7°C con un número de heladas de los 10 a los 16 días. El mayor número de heladas lo tuvo el año de 1999 llegando a los 135 días con una temperatura mínima de 4.5°C. Se señala que del año 1989 al 2006 hubo un incremento de heladas en comparación con los años restantes. De igual manera se observa un incremento en la temperatura mínima con un descenso del número de heladas en el periodo analizado (Ilustración 20).

Ilustración 20.

Temperatura mínima y heladas en Huamantla durante el periodo 1980-2021



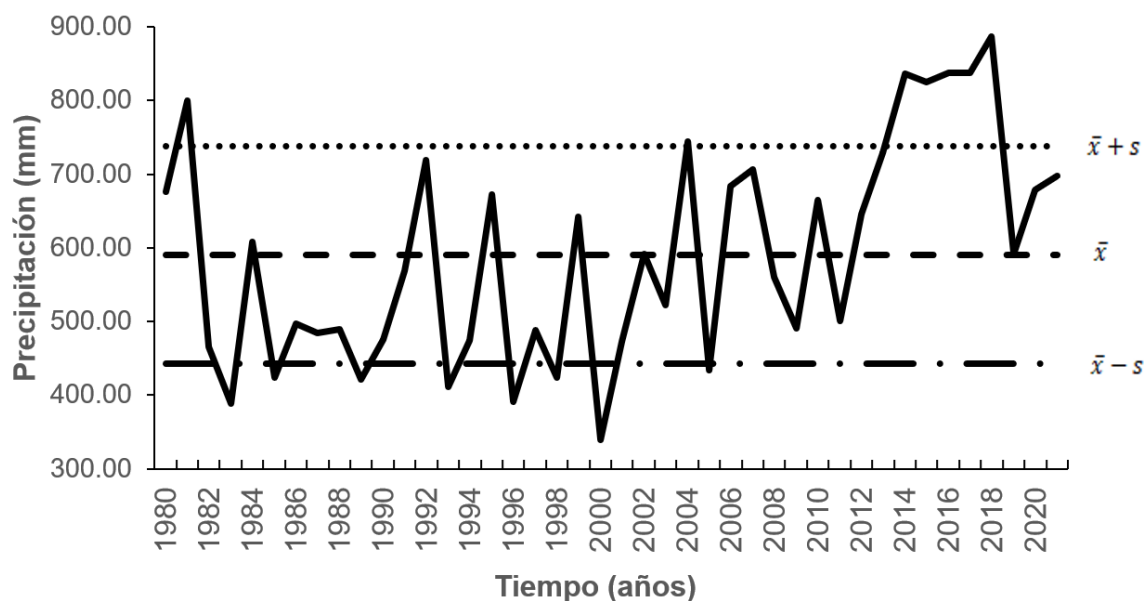
Nota: Adaptado con datos del CONAGUA, 2024.

5.2.2. Riesgos por Lluvia y Heladas en Atltzayanca

La Ilustración 21 se aprecia el comportamiento de la lluvia durante el periodo 1980-2021, nos revela que hay siete años con exceso de humedad mayores a 738.48 mm (1981, 2004, 2014, 2015, 2016, 2017 y 2018), se contabilizan ocho con sequía menores a 442.09 mm (1983, 1985, 1989, 1993, 1996, 1998, 2000 y 2005) y los 26 años sobrantes se encuentran dentro de lo normal entre 442.10 a 438.47 mm. Esta información ilustra en Atltzayanca una ligera tendencia hacia más años de sequías que de lluvias intensas, pero predominando los años con humedad normal.

Ilustración 21.

Caracterización de los años secos y húmedos en Atltzayanca durante el periodo 1980-2021

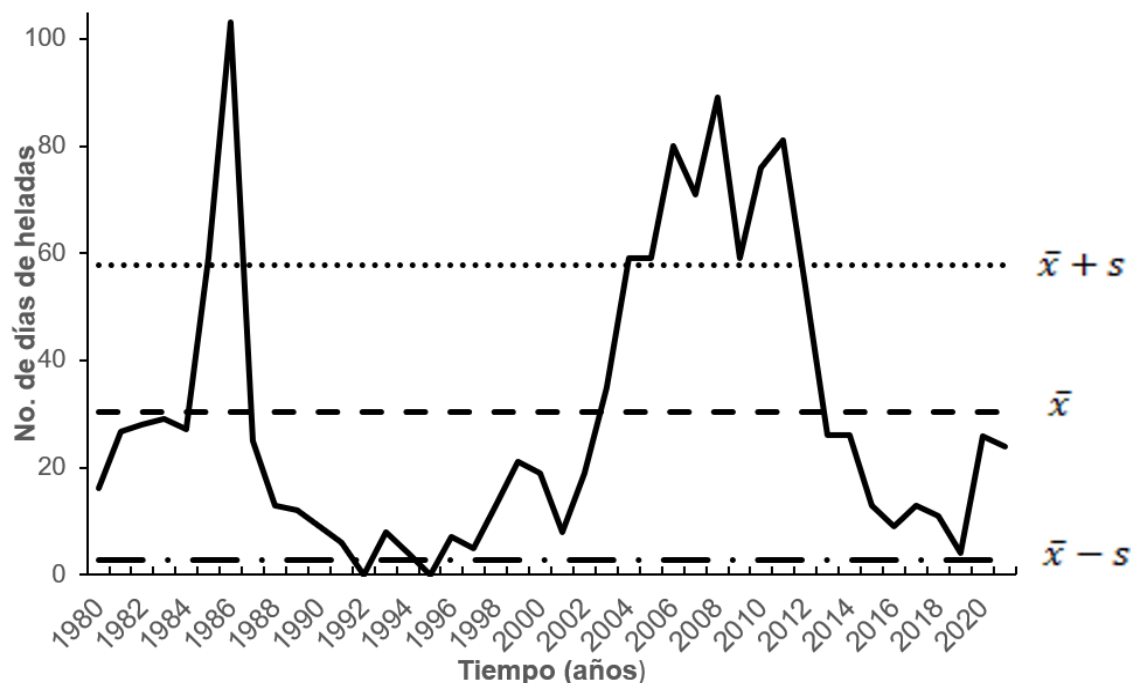


Nota: Adaptado con datos del CONAGUA, 2024.

Se observa en la Ilustración 22 el comportamiento de número de las heladas durante el periodo 1980-2021, nos describe que hay diez años con alta frecuencia mayores a 58 días con heladas (1985, 1986, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010 y 2011), se registran tres años con baja frecuencia menores a tres días con heladas (1992, 1995 y 2019) y 28 años normales entre cuatro a 57 días con heladas. Los resultados describen que Atltzayanca tiene una mayor probabilidad de experimentar años con heladas de alta frecuencia en comparación con años con heladas de baja frecuencia.

Ilustración 22.

Caracterización del número de heladas en Atltzayanca durante el periodo 1980-2021

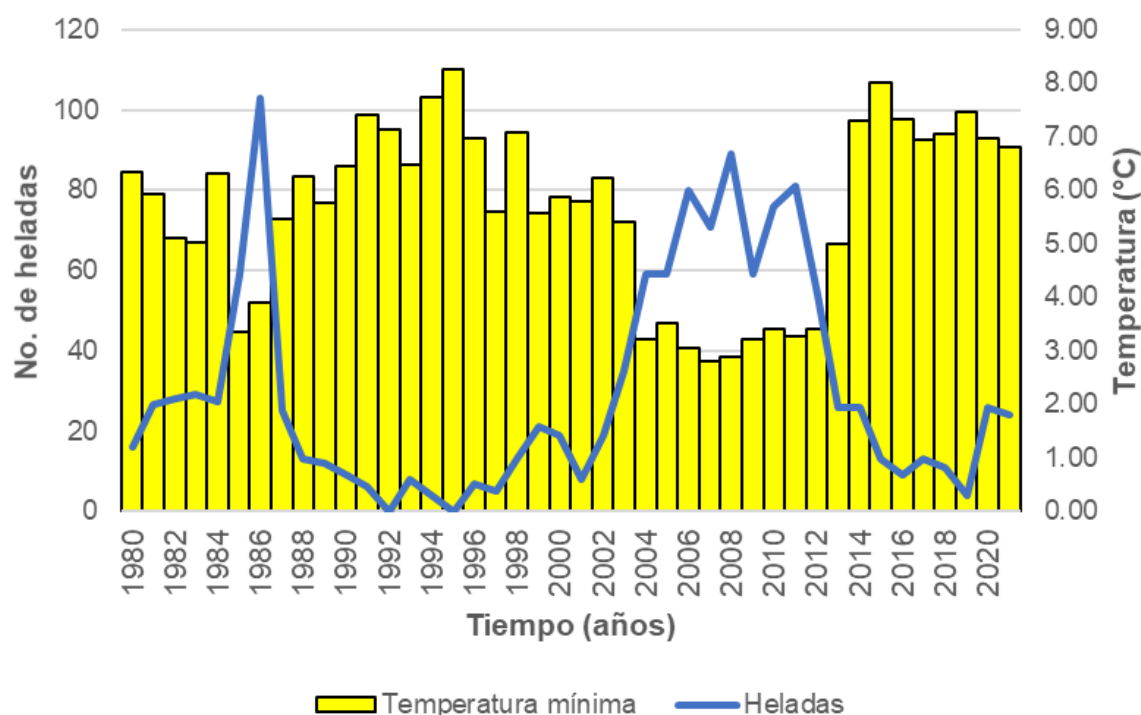


Nota: Adaptado con datos del CONAGUA, 2024.

Se refleja una relación entre el número de heladas y la temperatura mínima, a menor temperatura la probabilidad de número de heladas es mayor como se muestra en los años 1986 y del 2004 al 2011 que se registró una temperatura mínima de 2.79°C a los 3.91°C. Los años que muestran menor número de heladas son también lo que muestran una temperatura mínima alta que va 5.78°C a los 8.26°C. En el periodo analizado son 31 años con temperatura mínima mayor a 4.99°C, mientras que diez años restantes están por debajo de los 3.91°C (Ilustración 23).

Ilustración 23.

Temperatura mínima y heladas en Atltzayanca durante el periodo 1980-2021



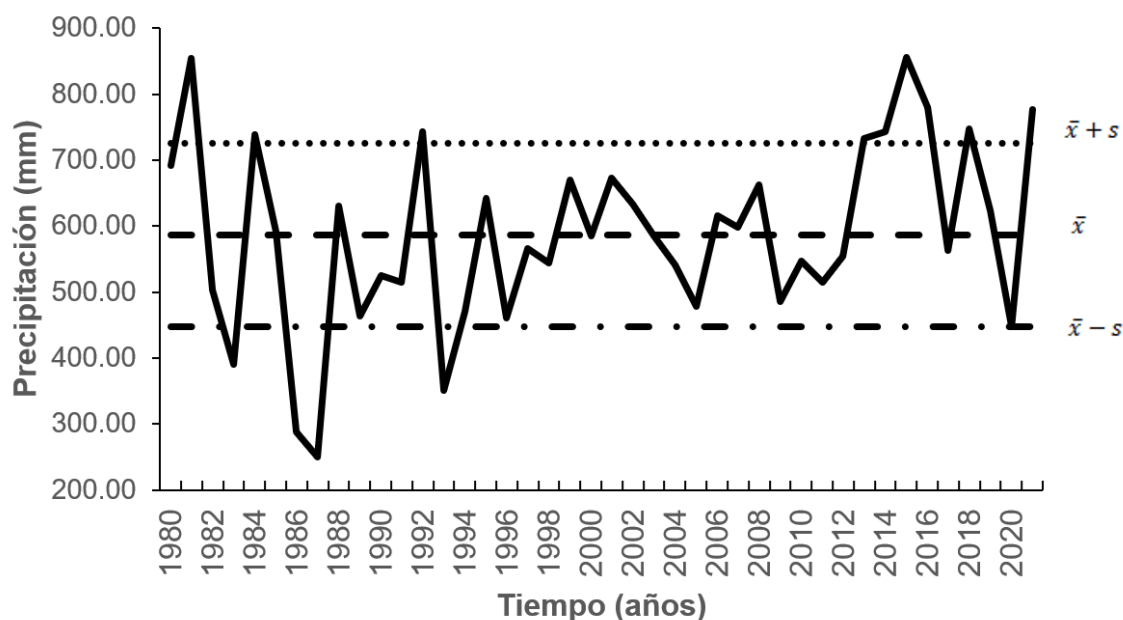
Nota: Adaptado con datos del CONAGUA, 2024.

5.2.3. Riesgos por Lluvia y Heladas en Cuapiaxtla

En la Ilustración 24 se ve el comportamiento de la lluvia durante el periodo 1980-2021, nos indica que hay nueve años con exceso de humedad mayores a 725.08 mm (1981, 1984, 1992, 2013, 2014, 2015, 2016, 2018 y 2021), se cuentan cinco años con sequía menores a 447.68 mm (1983, 1986, 1987, 1993 y 2020) y como cierre, son 27 años normales entre 447.69 a 725.08 mm. Cuapiaxtla tiene una mayor probabilidad de experimentar años con lluvias intensas en comparación con años con sequías.

Ilustración 24.

Caracterización de los años secos y húmedos en Cuapixtla durante el periodo 1980-2021

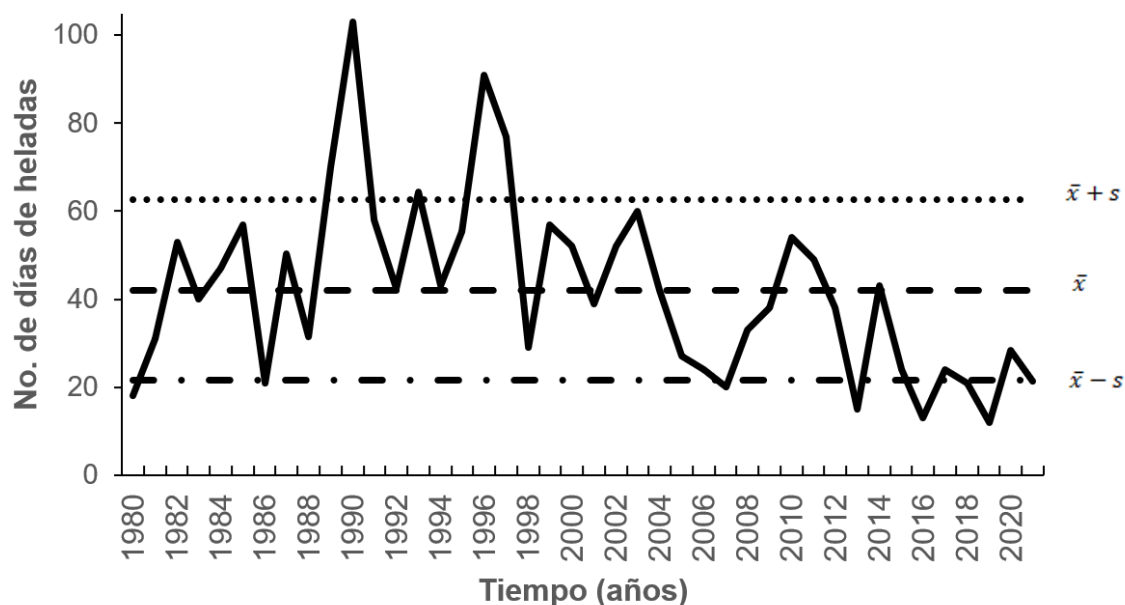


Nota: Adaptado con datos del CONAGUA, 2024.

En Ilustración 25 se revela el comportamiento de número de las heladas durante el periodo 1980-2021, nos presenta cuatro años con alta frecuencia mayores a 63 días con heladas (1990, 1993, 1996 y 1997), se calculan ocho años con baja frecuencia menores a 22 días con heladas (1980, 1986, 2007, 2013, 2016, 2018, 2019 y 2021) y 29 años normales entre 23 a 62 días con heladas. Conforme a los resultados Cuapixtla tiene una mayor probabilidad de experimentar años con heladas de baja frecuencia que años con heladas de alta frecuencia.

Ilustración 25.

Caracterización del número de heladas en Cuapixtla durante el periodo 1980-2021

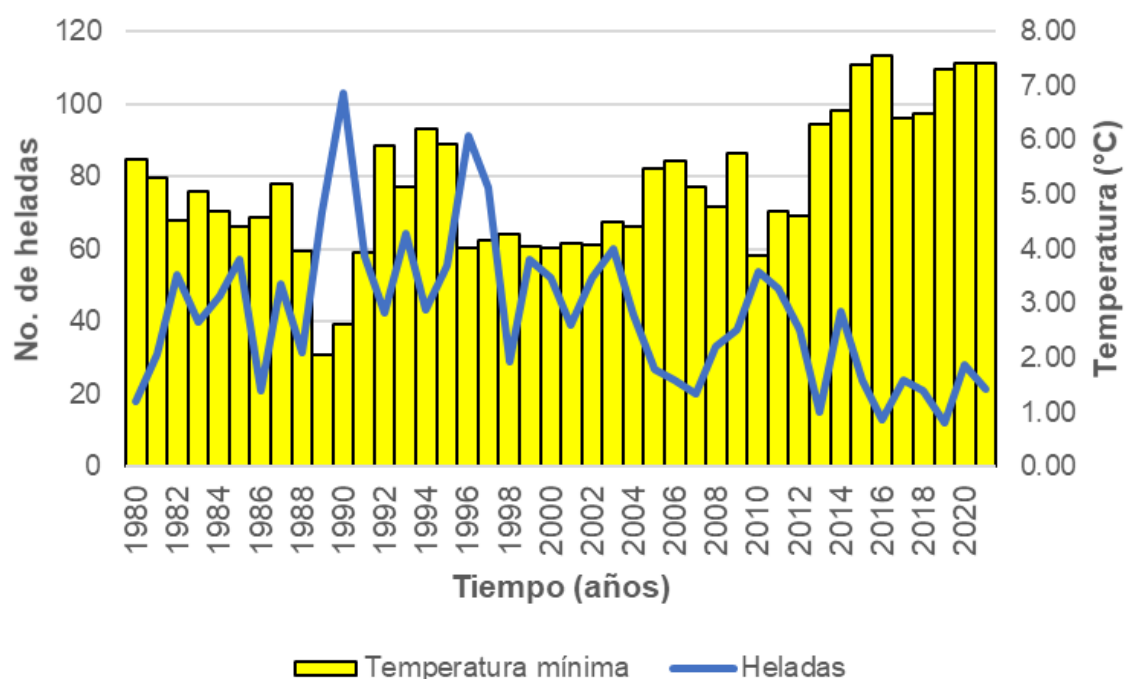


Nota: Adaptado con datos del CONAGUA, 2024.

En la Ilustración 26 se detalla un incremento de temperatura mínima en los últimos nueve años es decir desde el año 2013 al 2021 que va de los 6.29°C a los 7.75°C al igual que la disminución de heladas entre las 12 y las 43 lo que quiere decir que hay una fuerte relación entre la temperatura y las heladas. En los años 1989 y 1990 se registró la menor temperatura mínima entre los 2.05°C y 2.62°C al igual que el mayor número de heladas de 70 y 103.

Ilustración 26.

Temperatura mínima y heladas en Cuapiaxtla durante el periodo 1980-2021



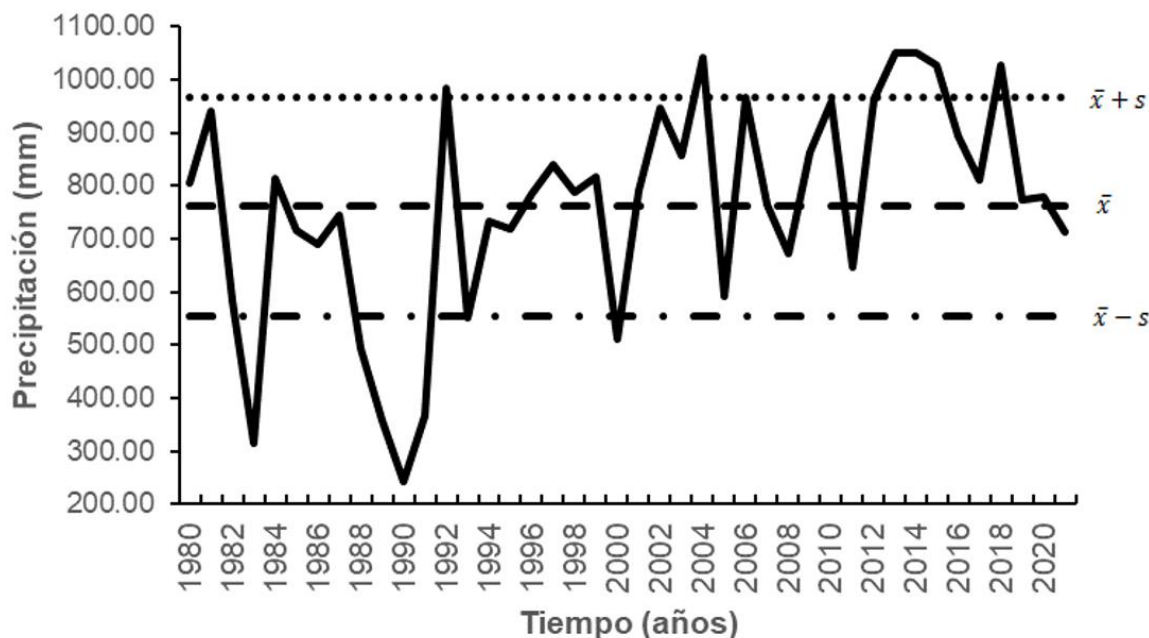
Nota: Adaptado con datos del CONAGUA, 2024.

5.2.4. Riesgos por Lluvia y Heladas en Zitlaltepec

La Ilustración 27 muestra el comportamiento de la lluvia durante el periodo 1980-2021, nos señala que hay seis años con exceso de humedad mayores a 967.94 mm (1992, 2004, 2013, 2014, 2015 y 2018), seis años con sequía menores a 555.47 mm (1983, 1989, 1990, 1991, 1993 y 2000) y 29 años normales entre 55.48 a 967.93 mm. Este análisis muestra que Zitlaltepec tiene una distribución equilibrada en cuanto a la probabilidad de experimentar años con lluvias intensas y años con sequías.

Ilustración 27.

Caracterización de los años secos y húmedos en Zitlaltepec durante el periodo 1980-2021

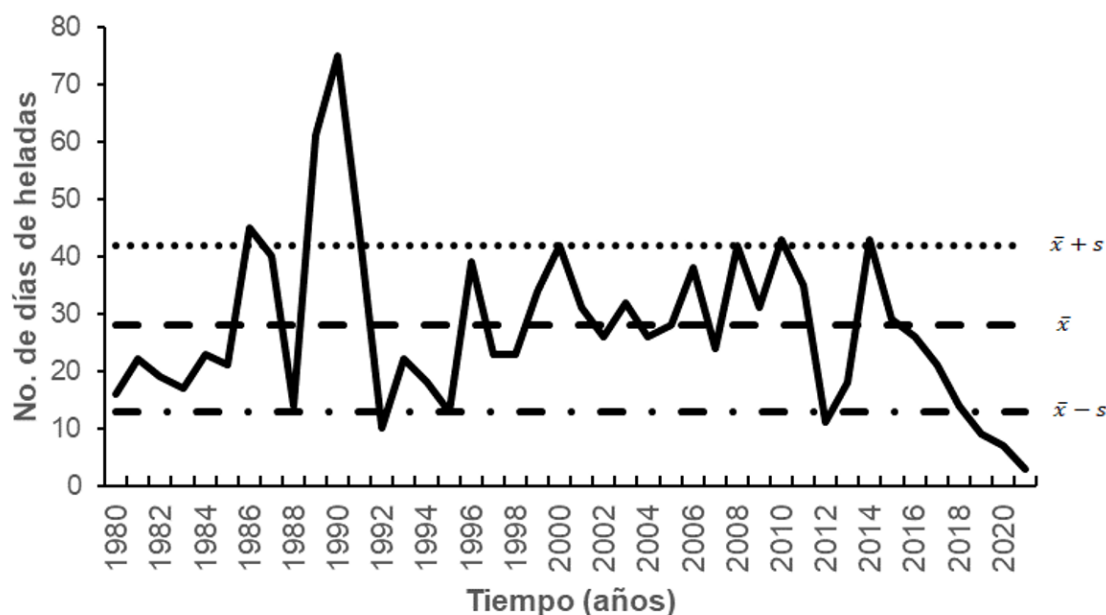


Nota: Adaptado con datos del CONAGUA, 2024.

El comportamiento de número de las heladas durante el periodo 1980-2021 se muestra en la Ilustración 28, son ocho años con alta frecuencia mayores a 42 días con heladas (1986, 1989, 1990, 1991, 2000, 2008, 2010 y 2014), se suman seis años con baja frecuencia menores a 13 días con heladas (1992, 1995, 2012, 2019, 2020 y 2021) y así mismo son 27 años normales entre 14 a 41 días con heladas. Estos datos detallan una notable variabilidad climática en Zitlaltepec, con una tendencia hacia más años con heladas intensas, aunque la mayoría de los años mantienen una frecuencia de heladas normal.

Ilustración 28.

Caracterización del número de heladas en Zitlaltepec durante el periodo 1980-2021

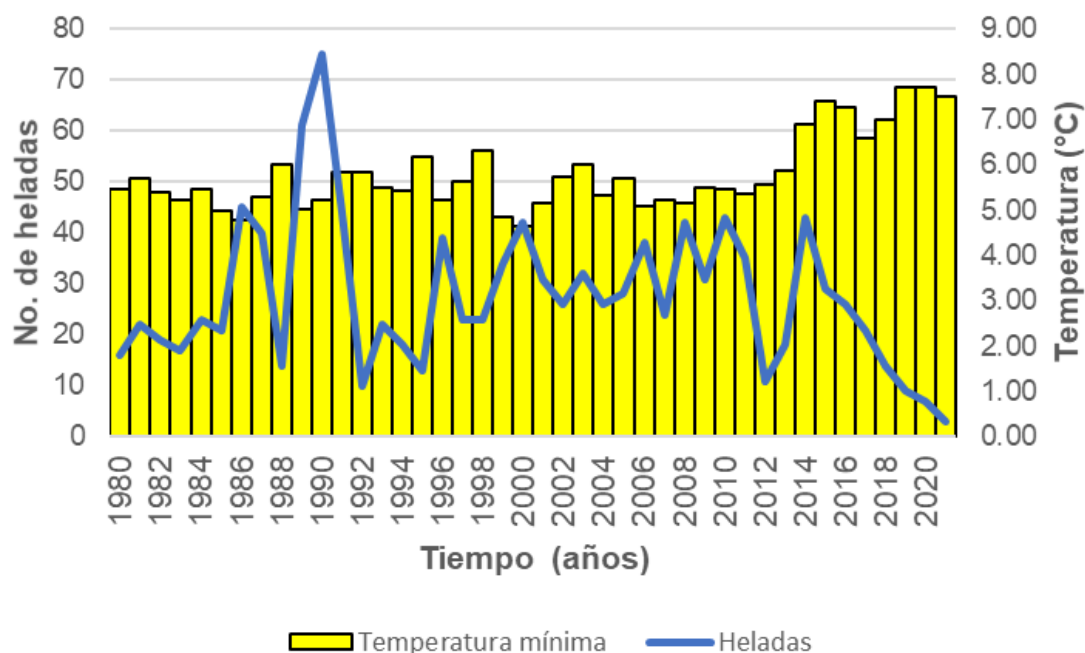


Nota: Adaptado con datos del CONAGUA, 2024.

La temperatura mínima mantuvo un equilibrio de 4.64°C a los 6.33°C de 1980 al 2013, sin embargo, se observa un incremento de temperatura en los últimos siete años de los 6.60°C a los 7.70°C al igual que una disminución de heladas. Del periodo analizado se aprecia que el año 1990 tuvo el mayor número de heladas llegando a las 75 mientras que el año 2021 se registra como el año con menor número de heladas con tan solo tres. Con estos registros de temperatura mínima y heladas se observa una relación fuerte (Ilustración 29).

Ilustración 29.

Temperatura mínima y heladas en Zitlaltepec durante el periodo 1980-2021



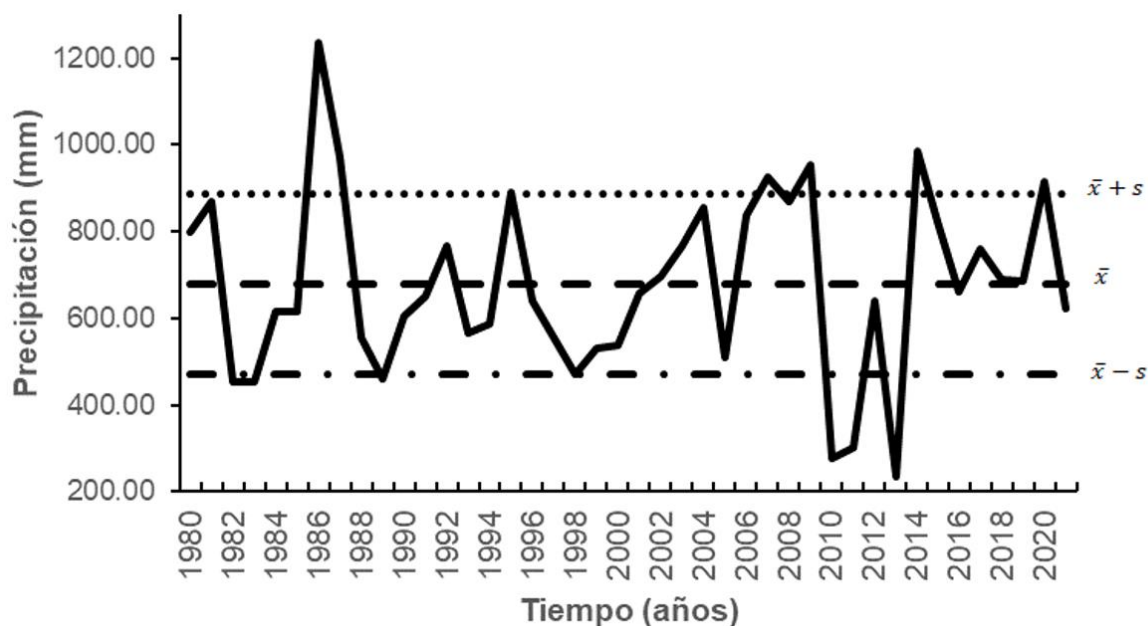
Nota: Adaptado con datos del CONAGUA, 2024.

5.2.5. Riesgos por Lluvia y Heladas en Terrenate

La Ilustración 30 se manifiesta el comportamiento de la lluvia durante el periodo 1980-2021, nos informa que hay siete años con exceso de humedad mayores a 885.58 mm (1986, 1987, 1995, 2007, 2009, 2014 y 2020), se registran seis años con sequía menores a 471.97 mm (1982, 1983, 1989, 2010, 2011 y 2013) y los 28 años restantes con considerados normales que van de 471.98 a 885.57 mm. La información muestra que Terrenate es más propenso a experimentar lluvias intensas en comparación con sequías.

Ilustración 30.

Caracterización de los años secos y húmedos en Terrenate durante el periodo 1980-2021

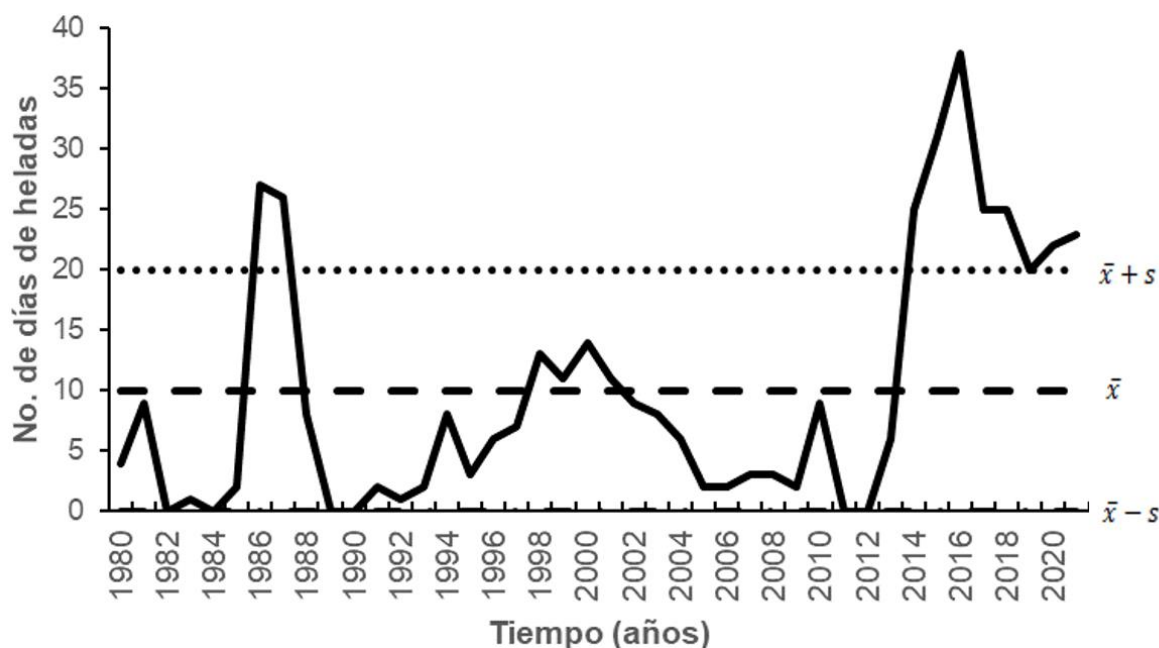


Nota: Adaptado con datos del CONAGUA, 2024.

Se evidencia en la Ilustración 31 el comportamiento de número de las heladas durante el periodo 1980-2021, se expone diez años con alta frecuencia mayores a 20 días con heladas (1986, 1987, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020 y 2021), da a conocer seis años con baja frecuencia iguales a cero (1982, 1984, 1989, 1990, 2011 y 2012) y del periodo analizado son 25 años normales entre uno a 19 días con heladas. Estos datos reflejan en Terrenate una inclinación hacia una mayor incidencia de heladas intensas, aunque la mayoría de los años mantienen una frecuencia de heladas normal.

Ilustración 31.

Caracterización del número de heladas en Terrenate durante el periodo 1980-2021

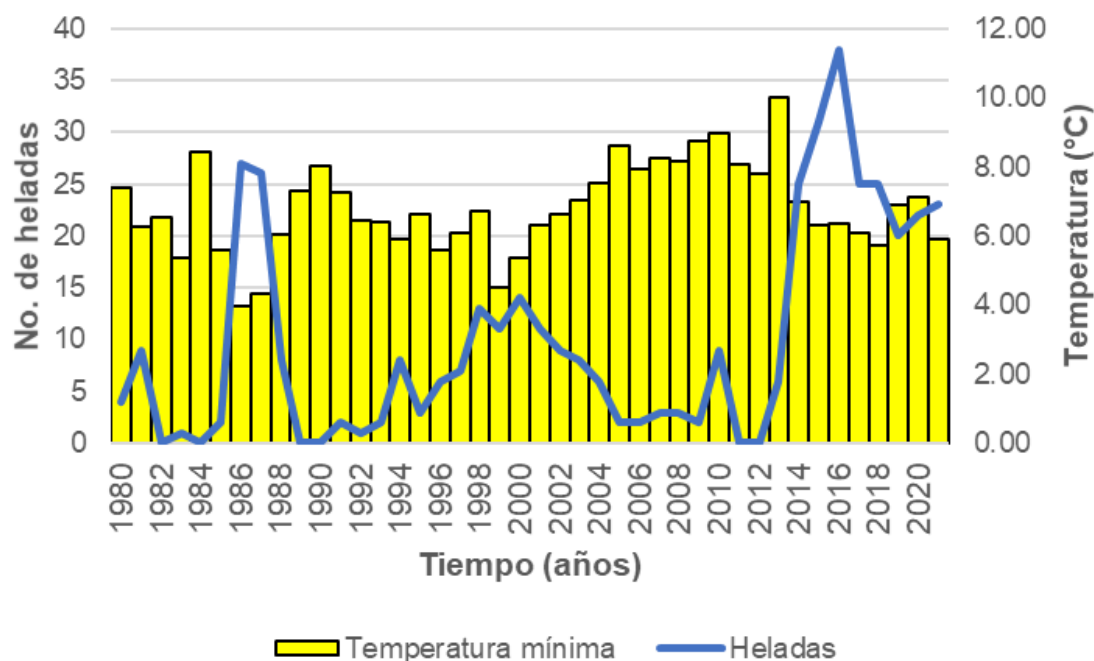


Nota: Adaptado con datos del CONAGUA, 2024.

Se observa solo tres años con temperaturas mínimas de 3.98°C a 4.49°C en todo el periodo. Sin embargo, se aprecia un aumento en la frecuencia de heladas en los últimos años que va del 2014 al 2021 en comparación de todo el periodo con excepción de los años 1986 y 1987 donde se registró una frecuencia alta de heladas. La relación temperatura y heladas tiene una relación ya que los años con mayor temperatura mínima en el periodo son los años con la menor frecuencia de heladas teniendo como resultado cero como los años 1982, 1984, 1989, 1990, 2011 y 2012 (Ilustración 32).

Ilustración 32.

Temperatura mínima y heladas en Terrenate durante el periodo 1980-2021



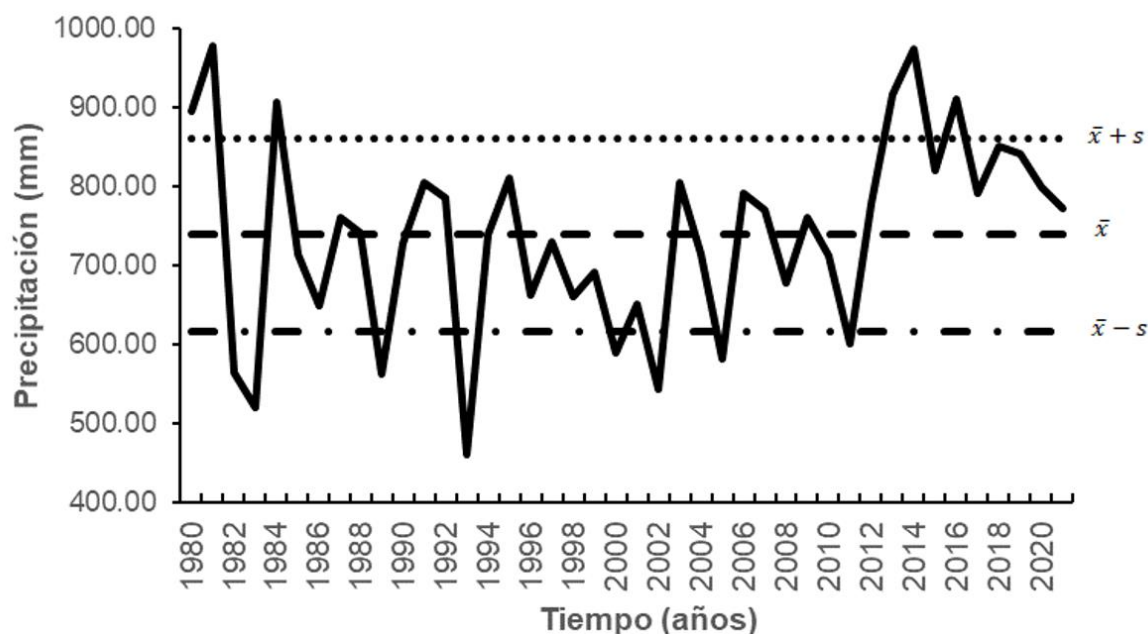
Nota: Adaptado con datos del CONAGUA, 2024.

5.2.6. Riesgos por Lluvia y Heladas en Xaloztoc

El comportamiento de la lluvia durante el periodo 1980-2021 se describe en la Ilustración 33 y nos detalla que hay seis años con exceso de humedad mayores a 861.48 mm (1980, 1981, 1984, 2013, 2014 y 2015), se cuantifican ocho años con sequía menores a 617.17 mm (1982, 1983, 1989, 1993, 2000, 2002, 2005 y 2011) y para terminar son 27 años los que se consideran normales entre 617.18 a 861.47 mm. Estos resultados demuestran que Xaloztoc es más propenso a experimentar sequías en comparación con lluvias intensas.

Ilustración 33.

Caracterización de los años secos y húmedos en Xaloztoc durante el periodo 1980-2021

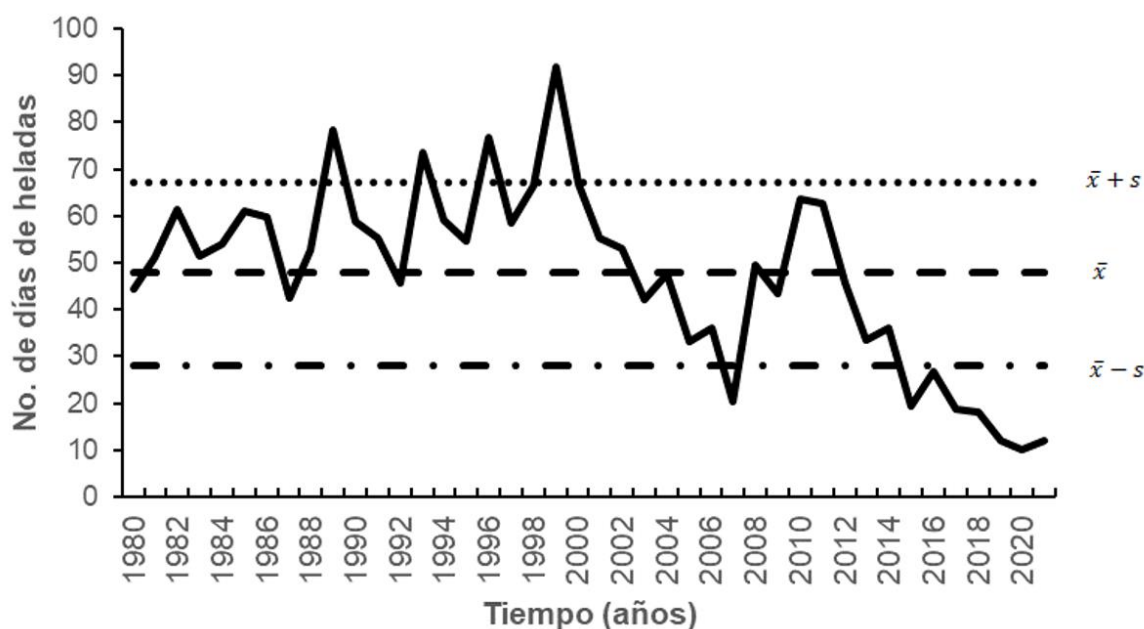


Nota: Adaptado con datos del CONAGUA, 2024.

La Ilustración 34 destaca el comportamiento de número de las heladas durante el periodo 1980-2021, se confirma cuatro años con alta frecuencia mayores a 67 días con heladas (1989, 1993, 1996 y 1999), se arrojan ocho años con baja frecuencia menores a 28 días con heladas (2007, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020 y 2021) y son 29 años normales entre 29 a 66 días con heladas. Como se puede observar los resultados dicen que Xaloztoc no es propenso a sufrir heladas con alta frecuencia.

Ilustración 34.

Caracterización del número de heladas en Xaloztoc durante el periodo 1980-2021

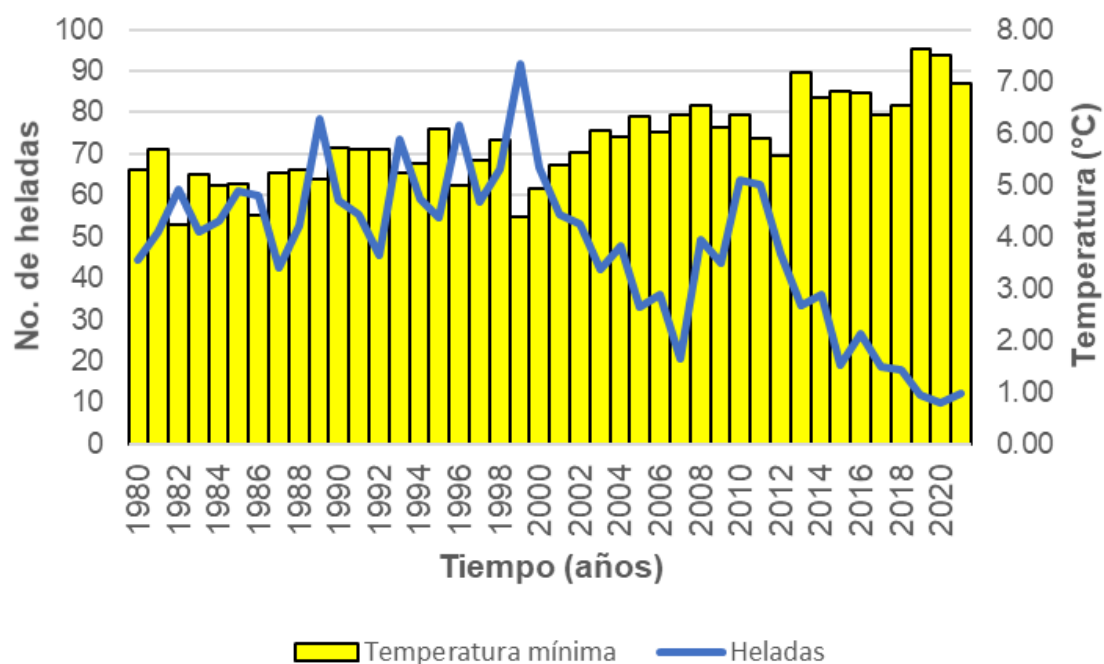


Nota: Adaptado con datos del CONAGUA, 2024.

Del periodo analizado se puede observar que los años con más frecuencias de heladas son de 1980 al 2002, después de este año se aprecia un desequilibrio y disminución de heladas, en cuanto a la temperatura mínima se ve un incremento en el periodo analizado comenzando en 1980 con 5.28°C y finalizando con temperaturas de 6.97 a 7.61°C en los últimos tres años. La temperatura y la frecuencia de heladas tiene una relación fuerte pues al subir la temperatura mínima la frecuencia de heladas disminuye. El año con más heladas se registró en 1999 con 92 con una temperatura mínima de 4.39°C segundo año más frío del periodo (Ilustración 35).

Ilustración 35.

Temperatura mínima y heladas en Xaloztoc durante el periodo 1980-2021



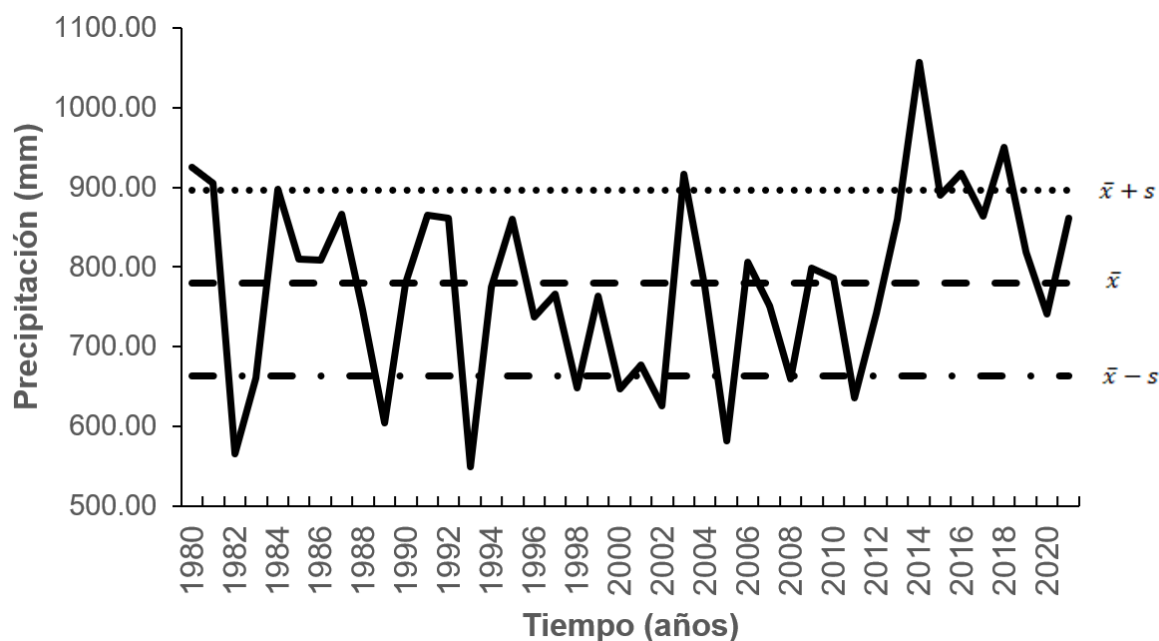
Nota: Adaptado con datos del CONAGUA, 2024.

5.2.7. Riesgos por Lluvia y Heladas en Tzompantepec

La Ilustración 36 muestra el comportamiento de la lluvia durante el periodo 1980-2021, se destacan que hay siete años con exceso de humedad mayores a 896.28 mm (1980, 1981, 1984, 2003, 2014, 2016 y 2018), se observan diez años con sequía menores a 663.59 mm (1982, 1983, 1989, 1993, 1998, 2000, 2002, 2005, 2008 y 2011) y se cierra con 24 años normales entre 663.60 a 896.27 mm. Los resultados señalan que Tzompantepec es más propenso a experimentar sequías en comparación con lluvias intensas.

Ilustración 36.

Caracterización de los años secos y húmedos en Tzompantepec durante el periodo 1980-2021

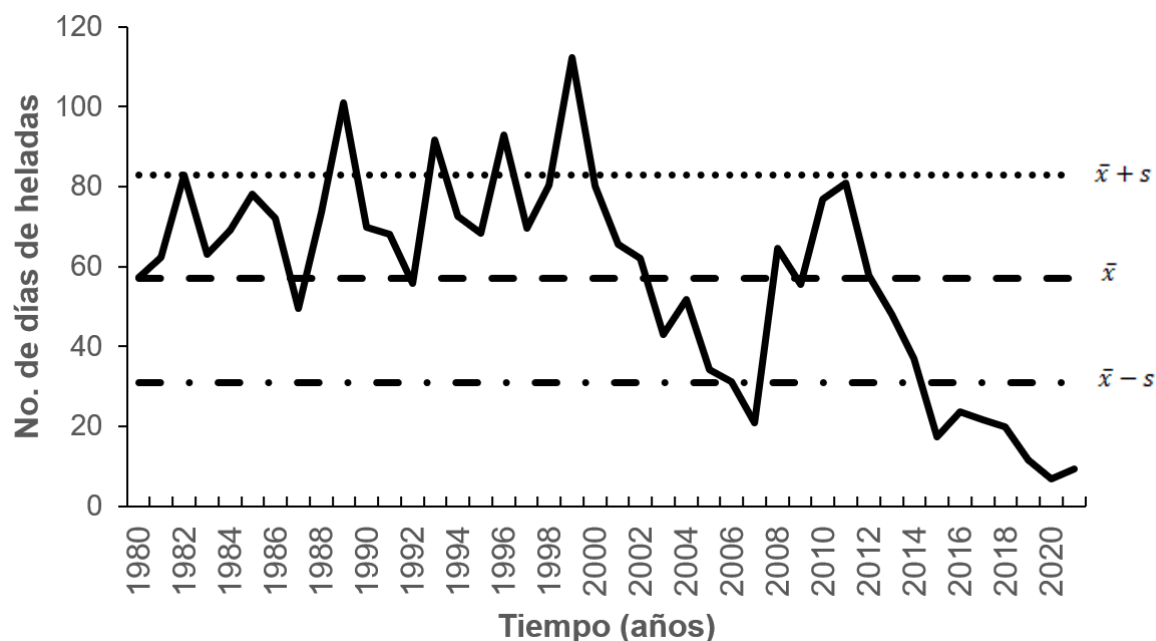


Nota: Adaptado con datos del CONAGUA, 2024.

El comportamiento de número de las heladas se aprecia en la Ilustración 37 durante el periodo 1980-2021, se evidencian cinco años con alta frecuencia mayores a 83 días con heladas (1983, 1989, 1993, 1996 y 1999), se observan nueve años con baja frecuencia menores a 31 días con heladas (2006, 2007, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020 y 2021) y se destacan 27 años normales entre 32 a 82 días con heladas. La información describe que Tzompantepec es más propenso a sufrir heladas de baja frecuencia en comparación con heladas de alta frecuencia.

Ilustración 37.

Caracterización del número de heladas en Tzompantepec durante el periodo 1980-2021

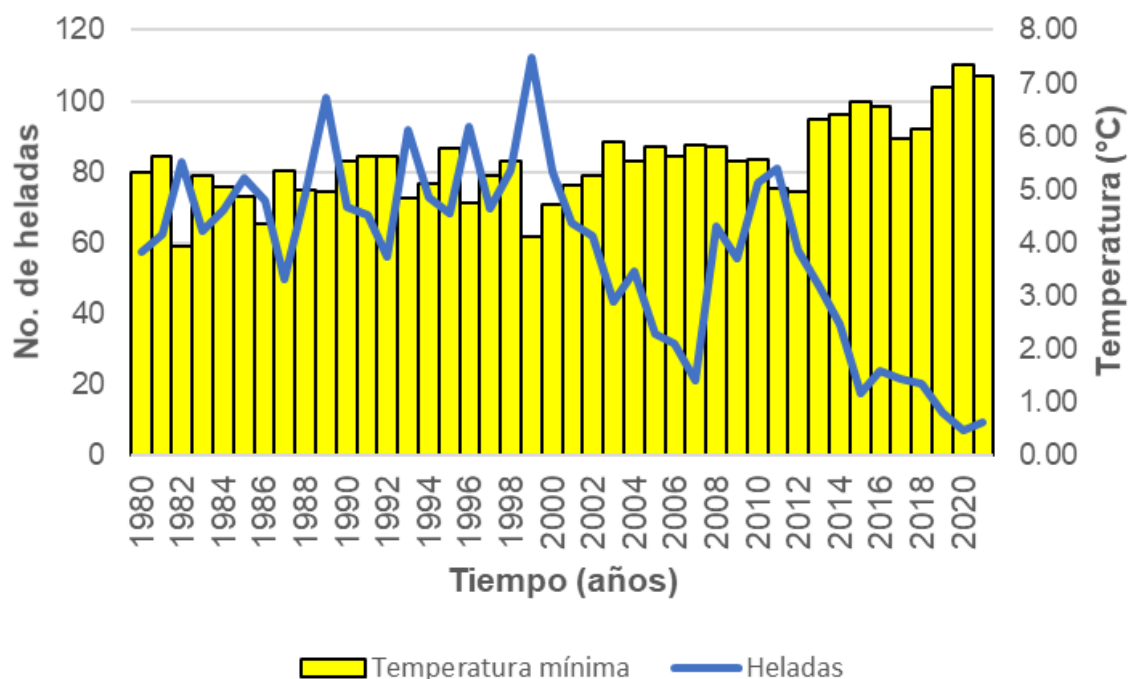


Nota: Adaptado con datos del CONAGUA, 2024.

Del periodo analizado se puede reflejar que de los años 1980 al 2002 hay una alta frecuencia de heladas que va de las 50 a las 112, sin embargo, a partir del 2002 hay una disminución hasta el 2007 de 21 heladas, del 2007 al 2011 hay un incremento llegando a las 80 heladas y del 2008 en adelante se expone una disminución de heladas llegando a las 7 heladas por año. La disminución de heladas más notoria se ve cuando la temperatura mínima empieza a elevarse en el año 2013 al 2021 cuyas temperaturas mínimas fueron de 5.95°C a los 7.35°C lo que marca una relación entre la frecuencia de heladas y le temperatura mínima (Ilustración 38).

Ilustración 38.

Temperatura mínima y heladas en Zitlaltepec durante el periodo 1980-2021



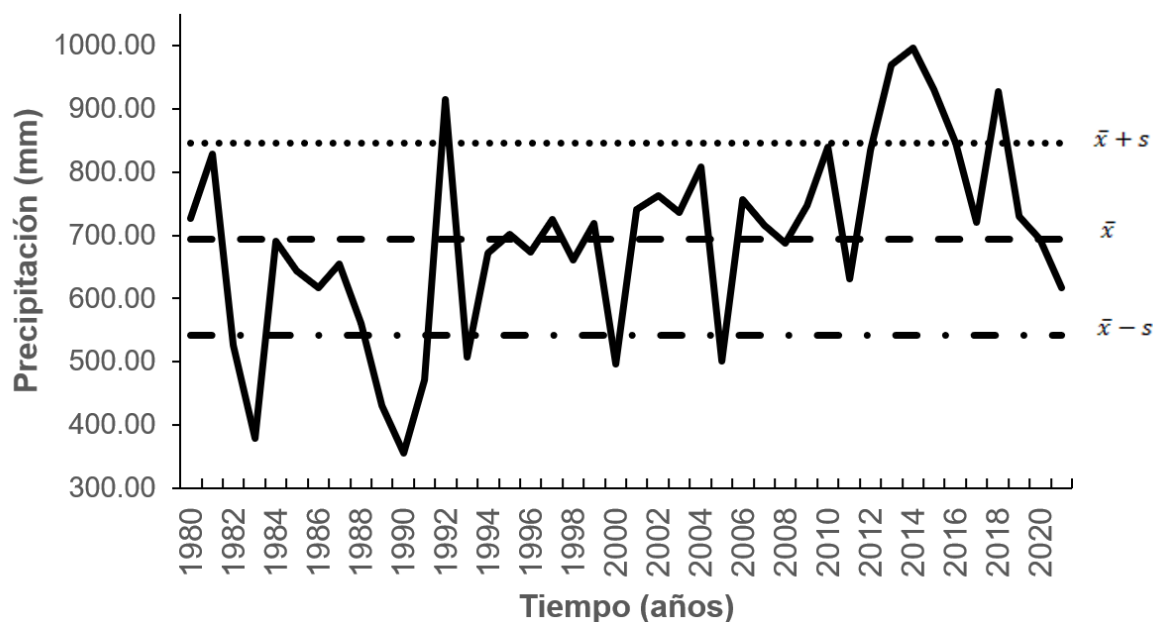
Nota: Adaptado con datos del CONAGUA, 2024.

5.2.8. Riesgos por Lluvia y Heladas en Ixtenco

Se detalla en la Ilustración 39 el comportamiento de la lluvia durante el periodo 1980-2021, los datos señalan que hay cinco años con exceso de humedad mayores a 846.71 mm (1992, 2013, 2014, 2015 y 2018), se registran ocho años con sequía menores a 541.35 mm (1982, 1983, 1989, 1990, 1991, 1993, 2000 y 2005) y son 28 años normales entre 541.36 a 846.70 mm. Este análisis describe que Ixtenco es más propenso a experimentar sequías en comparación con excesos de lluvia.

Ilustración 39.

Caracterización de los años secos y húmedos en Ixtenco durante el periodo 1980-2021

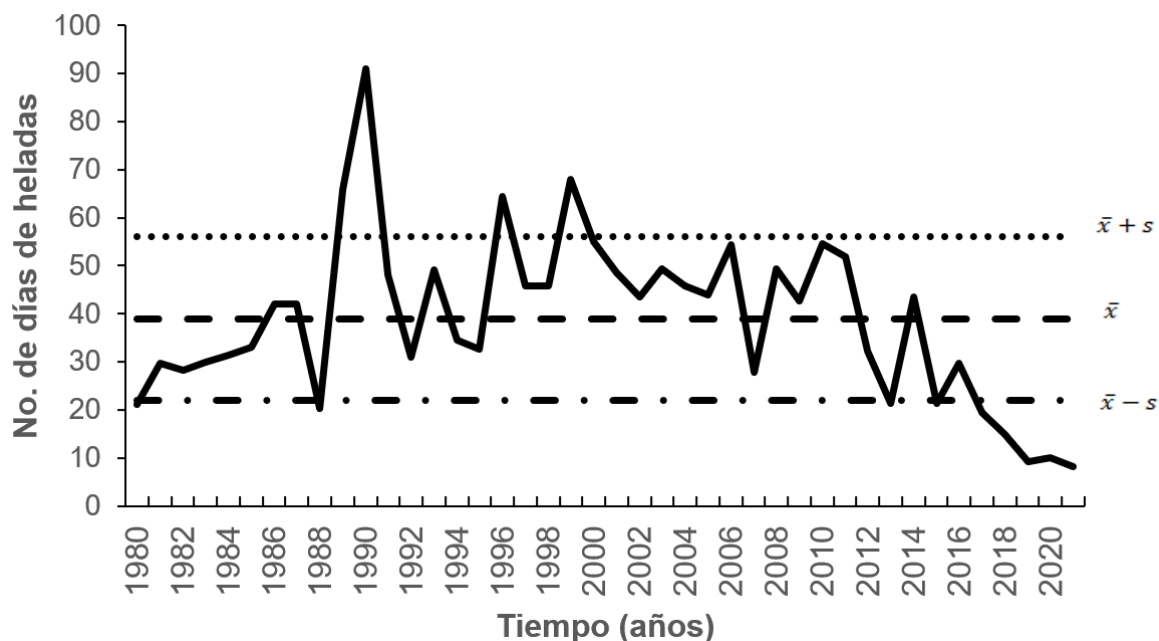


Nota: Adaptado con datos del CONAGUA, 2024.

La Ilustración 40 se presenta el comportamiento de número de las heladas durante el periodo 1980-2021, destacando cuatro años con alta frecuencia mayores a 56 días con heladas (1989, 1990, 1996 y 1999), son nueve años con baja frecuencia menores a 22 días con heladas (1980, 1988, 2013, 2015, 2017, 2018, 2019, 2020 y 2021) y los 28 años restantes se consideran normales entre 23 a 55 días con heladas. La información describe que Ixtenco no es propenso a sufrir heladas de alta frecuencia.

Ilustración 40.

Caracterización del número de heladas en Ixtenco durante el periodo 1980-2021

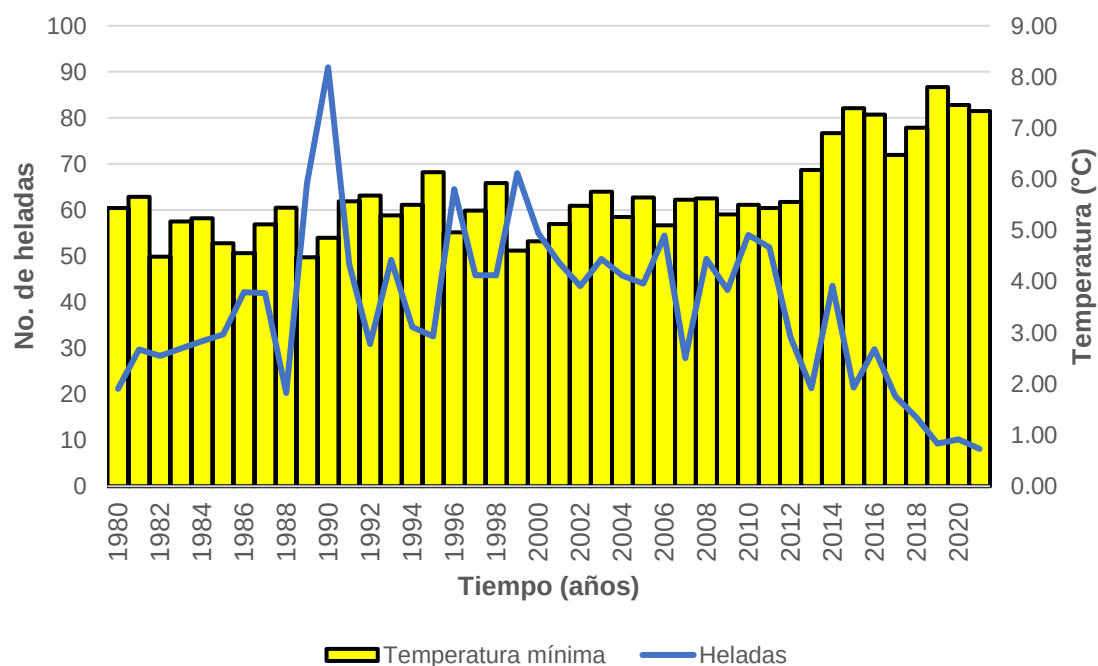


Nota: Adaptado con datos del CONAGUA, 2024.

Del periodo analizado la temperatura mínima muestra un equilibrio de 1980 al 2012 que va de los 4.47°C a los 6.14°C, sin embargo, en estos años se presenta la mayor frecuencia de heladas registrada en todo el periodo que se dio en el año 1990 con 91 heladas seguido del año 1999 con 68 heladas. A partir del año 2013 se refleja un aumento en la temperatura mínima que va de los 6.18°C a los 7.80°C y con ello se ve una disminución en la frecuencia de heladas llegando a ocho heladas en 2021 rectificando la fuerte relación entre temperatura y heladas (Ilustración 41).

Ilustración 41.

Temperatura mínima y heladas en Ixtenco durante el periodo 1980-2021



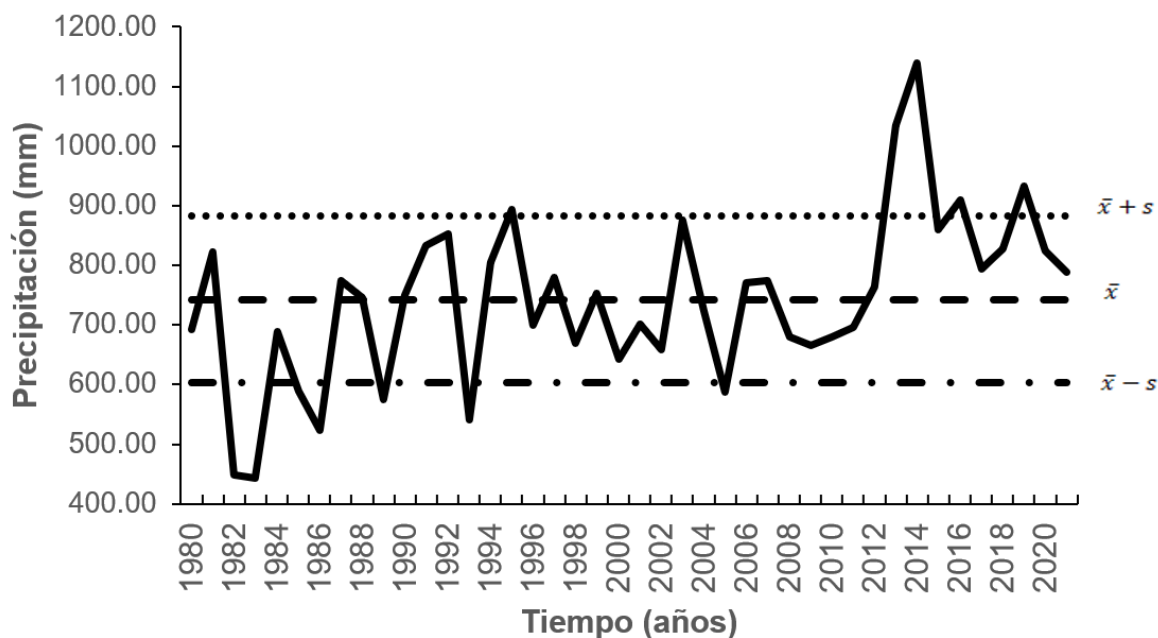
Nota: Adaptado con datos del CONAGUA, 2024.

5.2.9. Riesgos por Lluvia y Heladas en San José Teacalco

En la Ilustración 42 se puede ver el comportamiento de la lluvia durante el periodo 1980-2021, este análisis muestra que hay cinco años con exceso de humedad mayores a 882.94 mm (1995, 2013, 2014, 2016 y 2019), se señala siete años con sequía menores a 603.02 mm (1982, 1983, 1985, 1986, 1989, 1993 y 2005) y revela 29 años normales entre 603.03 a 882.93 mm. Derivado a lo anterior se percibe que San José Teacalco es más propenso a experimentar sequías en comparación con lluvias intensas.

Ilustración 42.

Caracterización de los años secos y húmedos en San José Teacalco durante el periodo 1980-2021

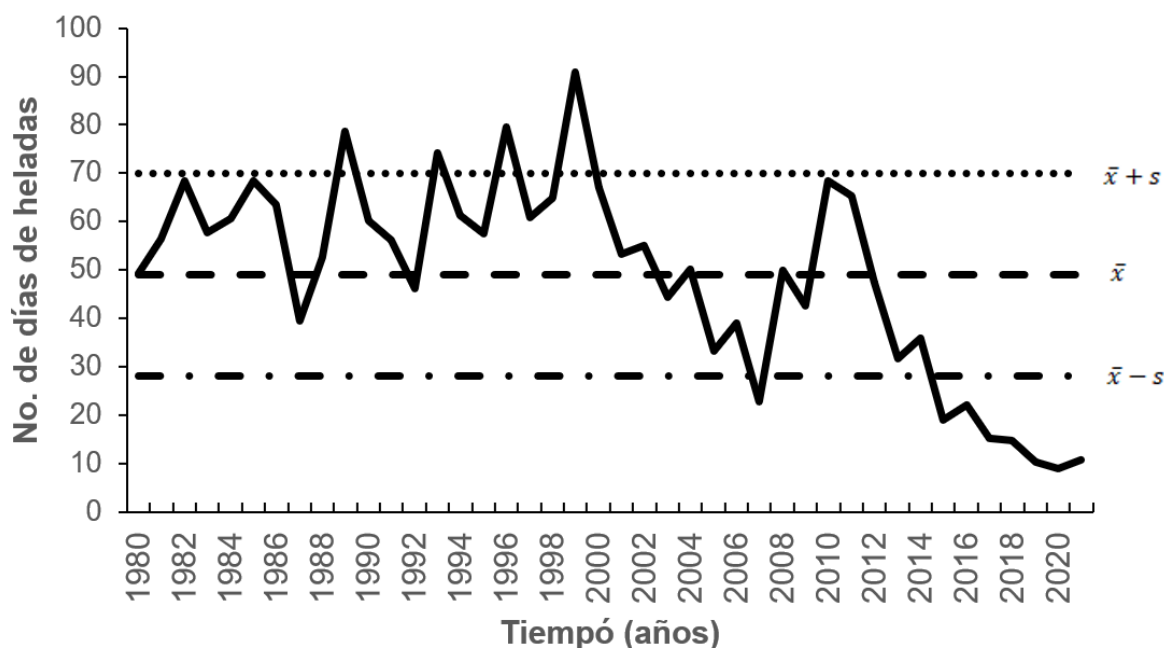


Nota: Adaptado con datos del CONAGUA, 2024.

Se indica en la Ilustración 43 el comportamiento de número de las heladas durante el periodo 1980-2021, se presentan cuatro años con alta frecuencia mayores a 70 días con heladas (1989, 1993, 1996 y 1999), así como ocho años con baja frecuencia menores a 28 días con heladas (2007, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020 y 2021) y, por último, son 29 años normales entre los 29 a 69 días con heladas. Los resultados sugieren que San José Teacalco es más propenso a sufrir heladas de baja frecuencia en comparación con heladas de alta frecuencia.

Ilustración 43.

Caracterización del número de heladas en San José Teacalco durante el periodo 1980-2021

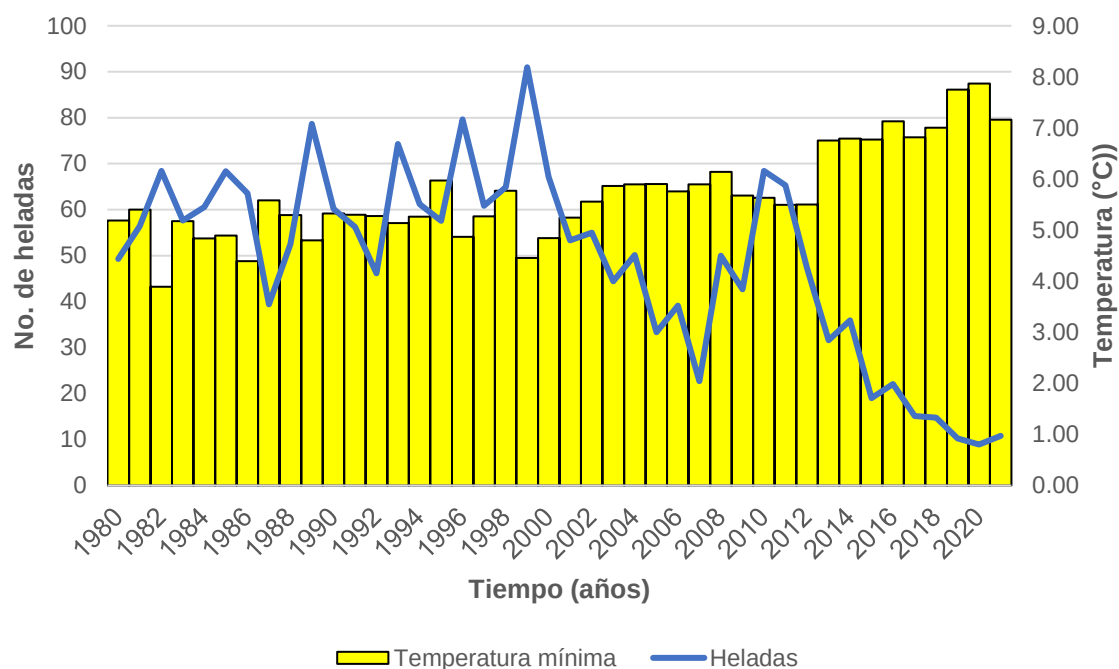


Nota: Adaptado con datos del CONAGUA, 2024.

Del periodo analizado se presentan una alta frecuencia de heladas desde las 39 a las 91 de los años 1980 al 2004, sin embargo, del 2004 al 2007 se observa una disminución en la frecuencia de heladas, en estos años la mayor temperatura mínima registrada fue de 6.14°C. Del año 2013 al 2021, se describe un aumento en la temperatura mínima que va de los 6.76°C a los 7.87°C al igual que un descenso en las frecuencias de heladas llegando a las solo a las nueve anuales (Ilustración 44).

Ilustración 44.

Temperatura mínima y heladas en San José Teacalco durante el periodo 1980-2021



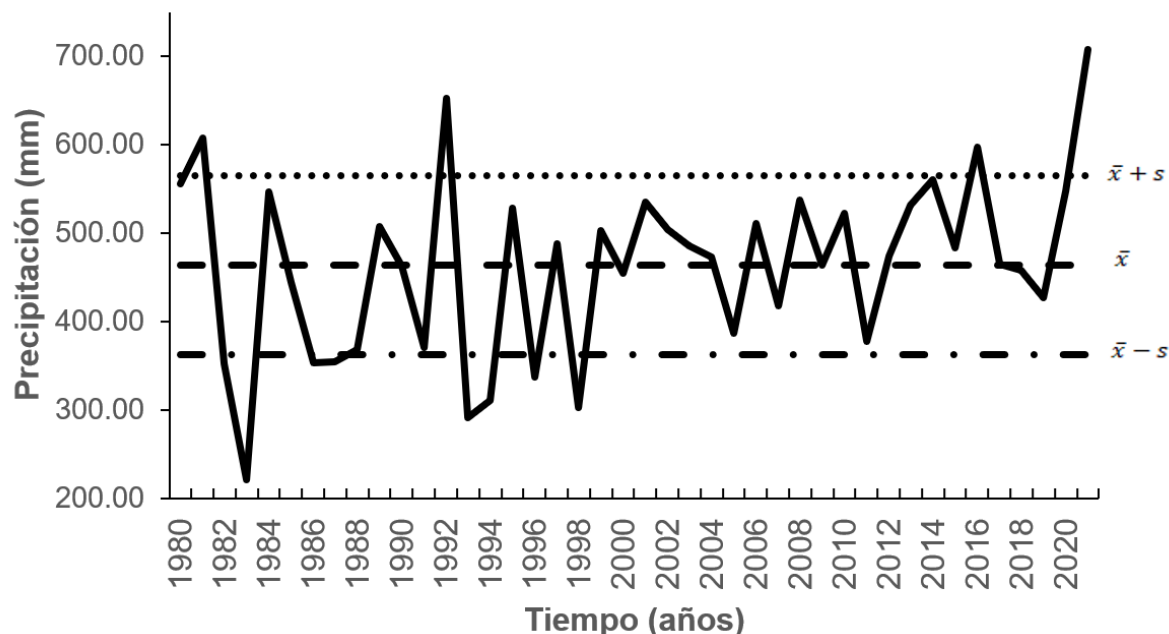
Nota: Adaptado con datos del CONAGUA, 2024.

5.2.10. Riesgos por Lluvia y Heladas en El Carmen Tequexquitla

Tal como se indica en la Ilustración 45 se muestra el comportamiento de la lluvia durante el periodo 1980-2021, se puede encontrar que hay cuatro años con exceso de humedad mayores a 565.20 mm (1981, 1992, 2016 y 2021), de igual manera se detectaron ocho años con sequía menores a 362.34 mm (1982, 1983, 1986, 1987, 1993, 1994, 1996 y 1998) y son 29 años normales que van de 362.35 a 565.19 mm. Estos datos sugieren que El Carmen Tequexquitla es más propenso a experimentar sequías en comparación con excesos de lluvia.

Ilustración 45.

Caracterización de los años secos y húmedos en El Carmen Tequexquitla durante el periodo 1980-2021

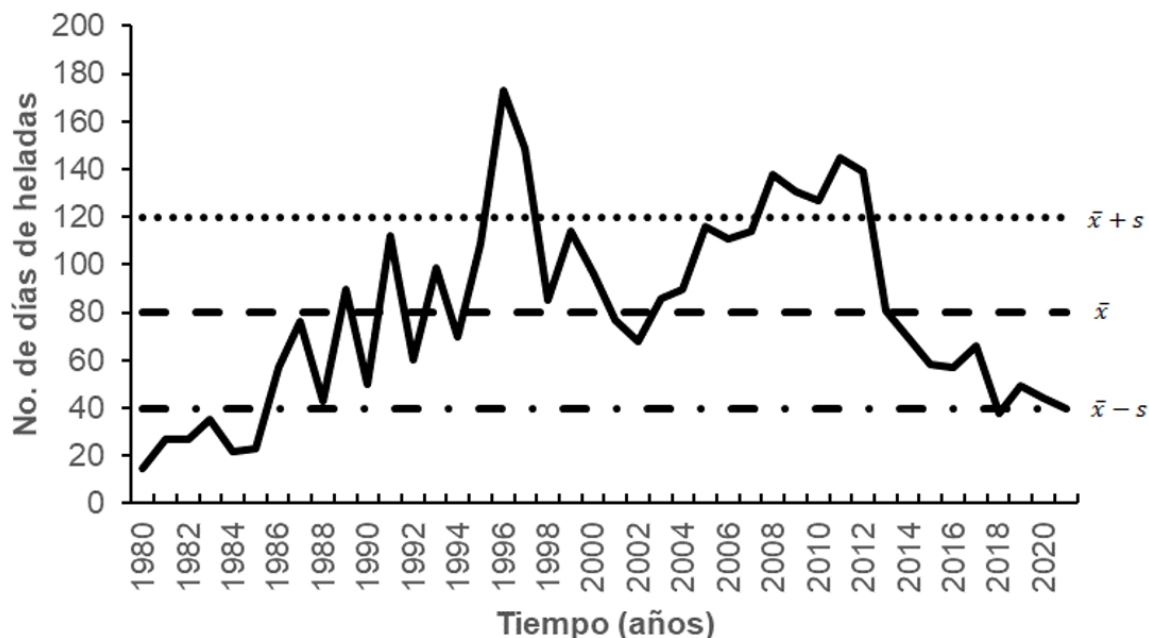


Nota: Adaptado con datos del CONAGUA, 2024.

La Ilustración 46 se describe el comportamiento de número de las heladas durante el periodo 1980-2021, se puede apreciar que son seis años con alta frecuencia mayores a 120 días con heladas (1996, 1997, 2008, 2010, 2011 y 2012), se indican ocho años con baja frecuencia menores a 40 días con heladas (1980, 1982, 1983, 1984, 1985, 1988, 2018 y 2021) y son 27 años normales entre los 41 a 119 días con heladas. Los resultados de este comportamiento informan que El Carmen Tequexquitla es más propenso a sufrir heladas de baja frecuencia en comparación con heladas de alta frecuencia.

Ilustración 46.

Caracterización del número de heladas en El Carmen Tequexquitla durante el periodo 1980-2021

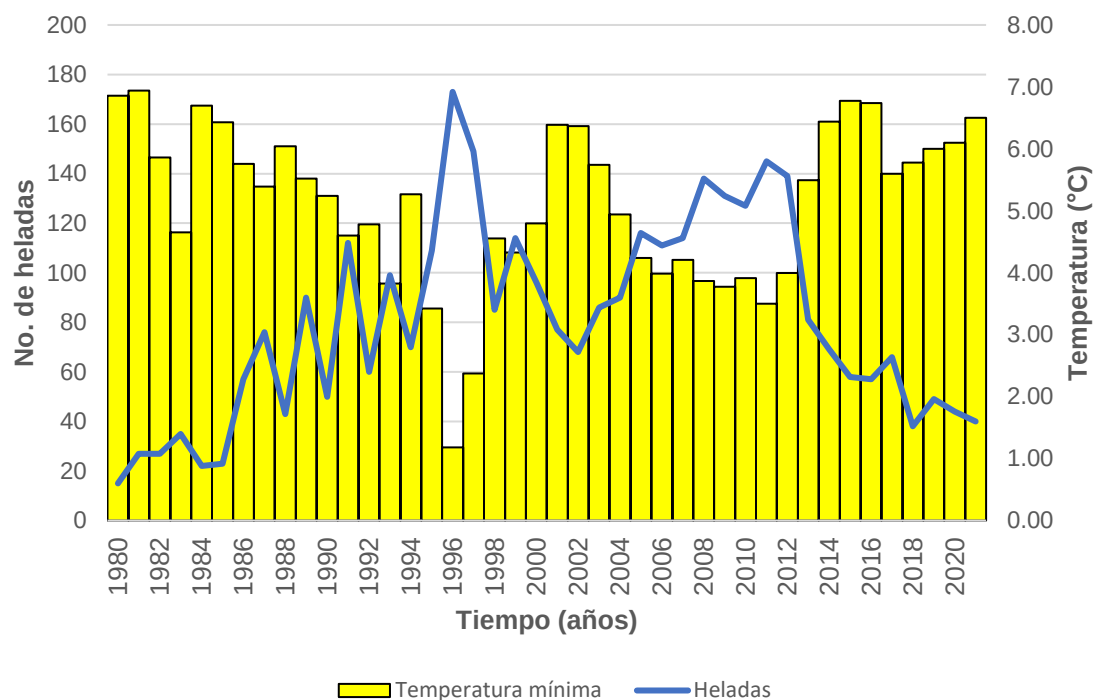


Nota: Adaptado con datos del CONAGUA, 2024.

Se señala una relación fuerte entre la temperatura mínima y las heladas en El Carmen Tequexquitla, un claro ejemplo es año 1996 con 1.18°C, mismo año con la mayor cantidad de heladas registrándose 173 seguido del año 1997 con 149 heladas y siendo el segundo año con la menor temperatura mínima teniendo 2.37°C. Del periodo estudiado se detalla que de 1986 existe arriba de 40 heladas por año hasta el 2017. La temperatura mínima se ha mantenido a lo largo del periodo y no ha sobre pasado los 7°C (Ilustración 47).

Ilustración 47.

Temperatura mínima y heladas en El Carmen Tequexquitla durante el periodo 1980-2021



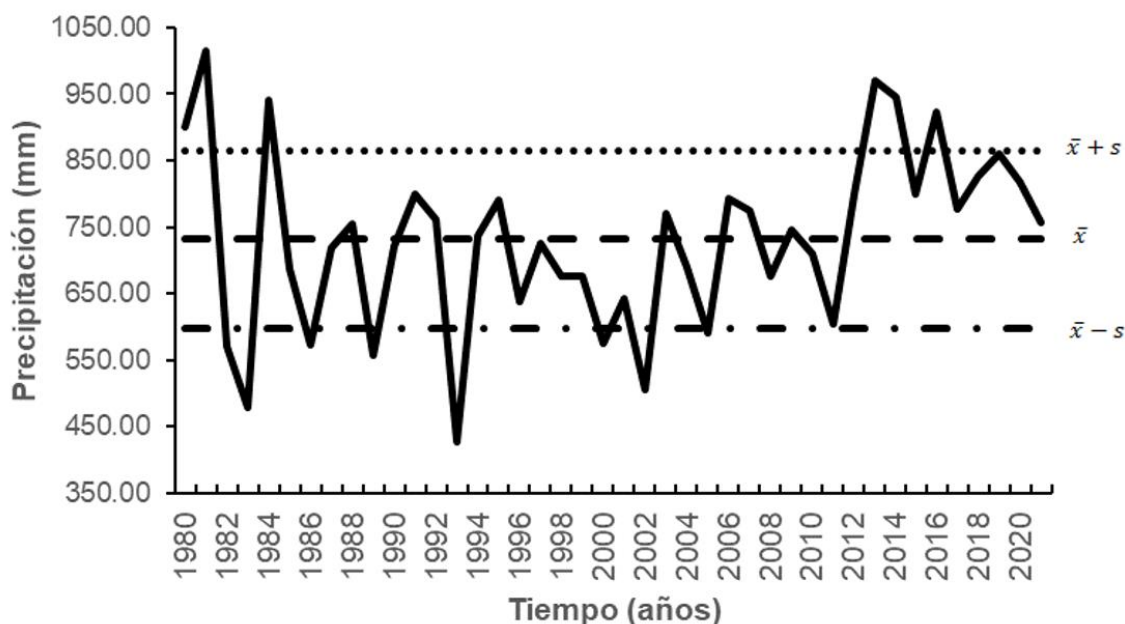
Nota: Adaptado con datos del CONAGUA, 2024.

5.2.11. Riesgos por Lluvia y Heladas en Tocatlán

La Ilustración 48 señala el comportamiento de la lluvia durante el periodo 1980-2021, se presentan seis años con exceso de humedad mayores a 865 mm (1980, 1981, 1984, 2013, 2014 y 2016), sin embargo, hay ocho años con sequía menores a 597.51 mm (1982, 1983, 1986, 1989, 1993, 2000, 2002 y 2005) y se cierra con 27 años normales entre 597.52 a 864 mm. La información permite ver que Tocatlán es más propenso a experimentar sequías en comparación con excesos de lluvia.

Ilustración 48.

Caracterización de los años secos y húmedos en Tocatlán durante el periodo 1980-2021

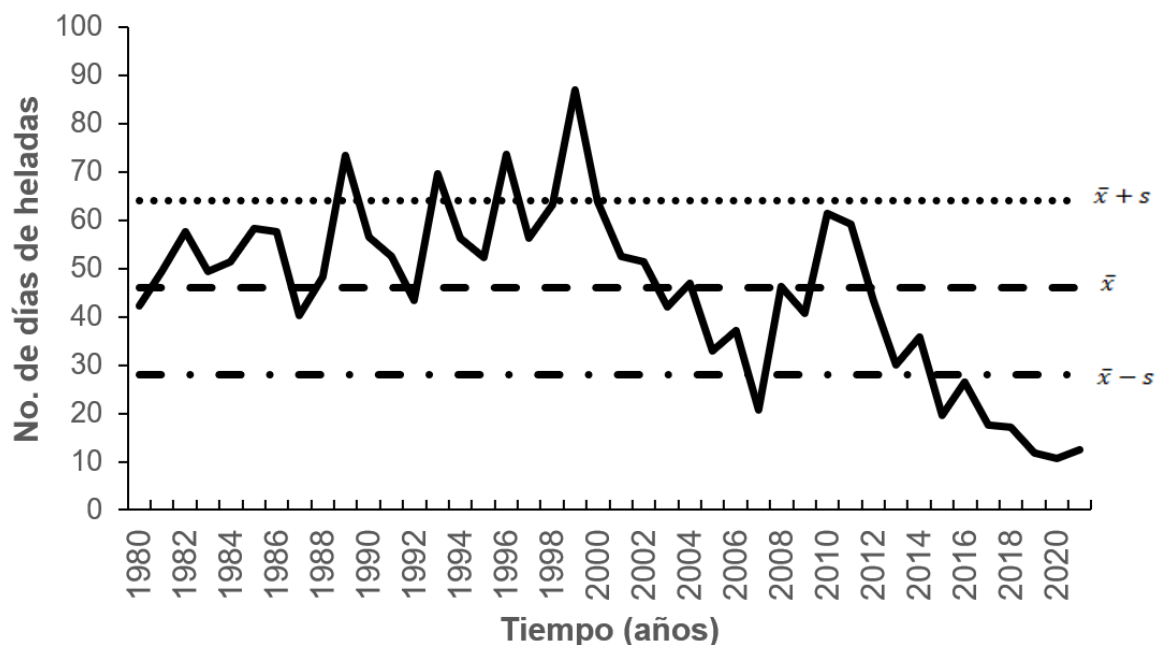


Nota: Adaptado con datos del CONAGUA, 2024.

El análisis del comportamiento de número de las heladas durante el periodo 1980-2021 se presenta en la Ilustración 49, se aprecian cuatro años con alta frecuencia mayores a 64 días con heladas (1989, 1993, 1996 y 1999), se detectan ocho años con baja frecuencia menores a 28 días con heladas (2007, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020 y 2021) y, posteriormente, son 29 años normales que ven de 29 a 63 días con heladas. Los resultados del análisis señalan que Tocatlán es más propenso a sufrir heladas de baja frecuencia en comparación con heladas de alta frecuencia.

Ilustración 49.

Caracterización del número de heladas en Tocatlán durante el periodo 1980-2021

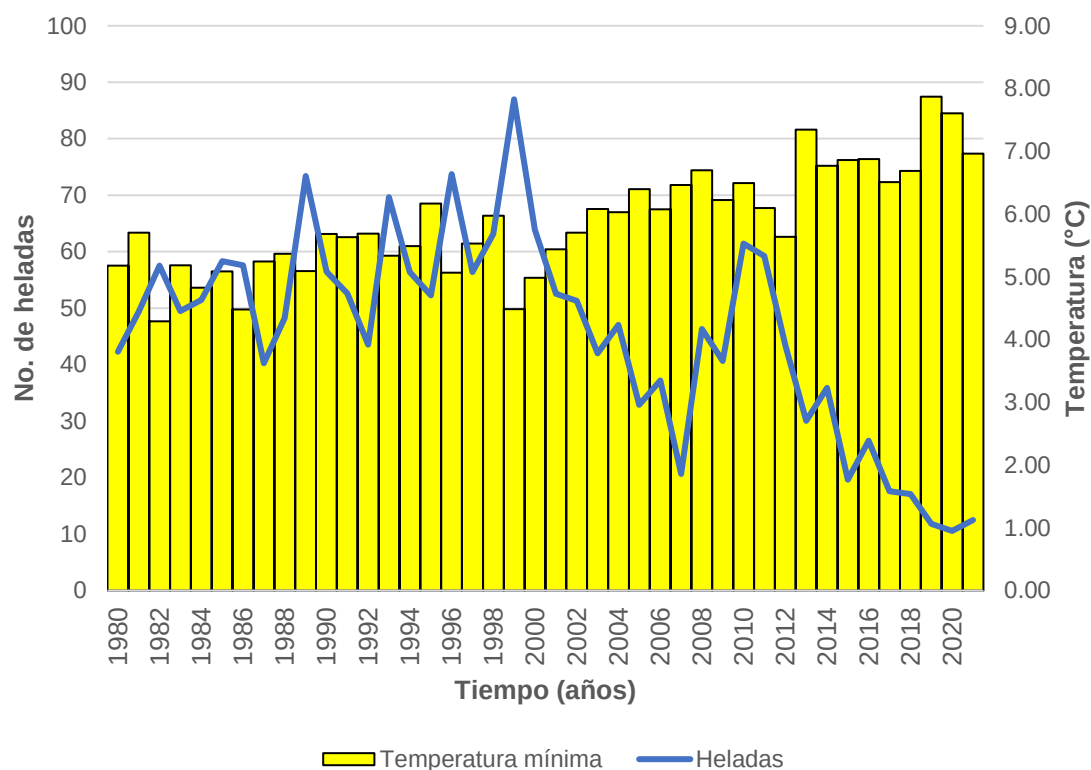


Nota: Adaptado con datos del CONAGUA, 2024.

La temperatura mínima del periodo analizado describe claramente como se ha ido incrementando al transcurso de los años, el primer aumento notable se aprecia de los años 2000 al 2012 alcanzando temperaturas de 6.70°C, el segundo aumento se da a partir del 2013 en adelante alcanzando temperaturas de 8.87°C que se dio en el año 2019. De 1980 al 2000 se registraron temperaturas mínimas altas de 6.17 °C, si se compara con el periodo del 2013 al 2021 hay una diferencia de 2.7 °C en la temperatura mínima lo que ha ocasionado una baja frecuencia de heladas que claramente se ve desde el 2011 al 2021 donde solo se aprecian 11 en el año 2020 en comparación con el año 1999 donde se registraron 87 (Ilustración 50).

Ilustración 50.

Temperatura mínima y heladas en Tocatlán durante el periodo 1980-2021



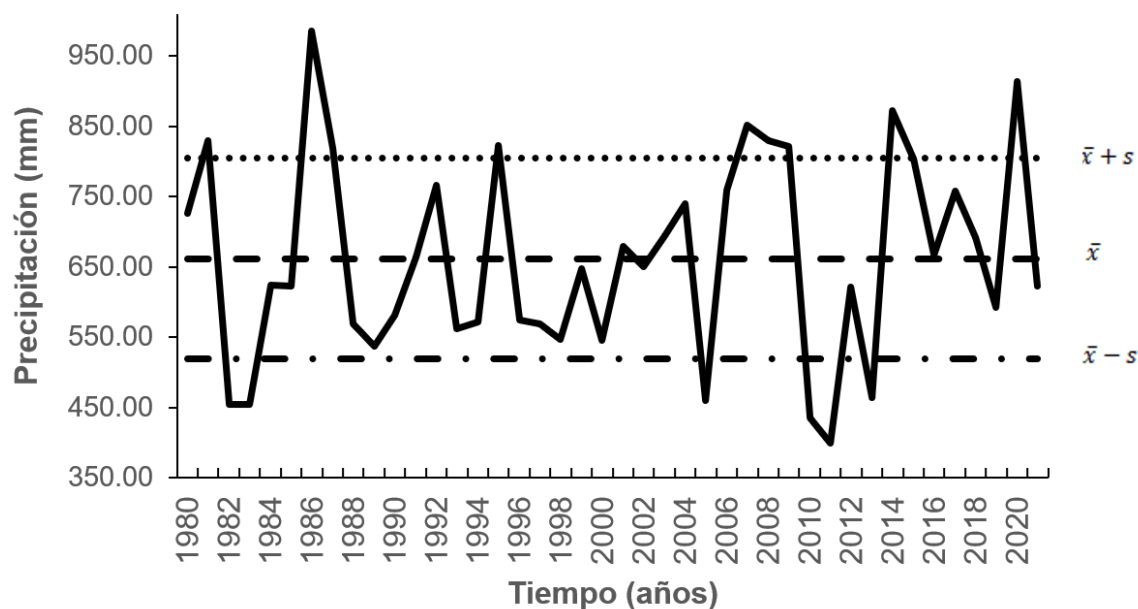
Nota: Adaptado con datos del CONAGUA, 2024.

5.2.12. Riesgos por Lluvia y Heladas en Emiliano Zapata

En la Ilustración 51 se procede a ilustrar el comportamiento de la lluvia durante el periodo 1980-2021, el análisis nos manifiesta que hay ocho años con exceso de humedad mayores a 804.31 mm (1981, 1986, 1995, 2007, 2008, 2009, 2014 y 2020), se destacan seis años con sequía menores a 519.22 mm (1982, 1983, 2005, 2010, 2011 y 2013) y, finalmente, encontramos a 27 años normales entre 519.23 a 804.30 mm. La información anterior indica que Emiliano Zapata es más propenso a experimentar excesos de lluvia en comparación con sequías.

Ilustración 51.

Caracterización de los años secos y húmedos en Emiliano Zapata durante el periodo 1980-2021

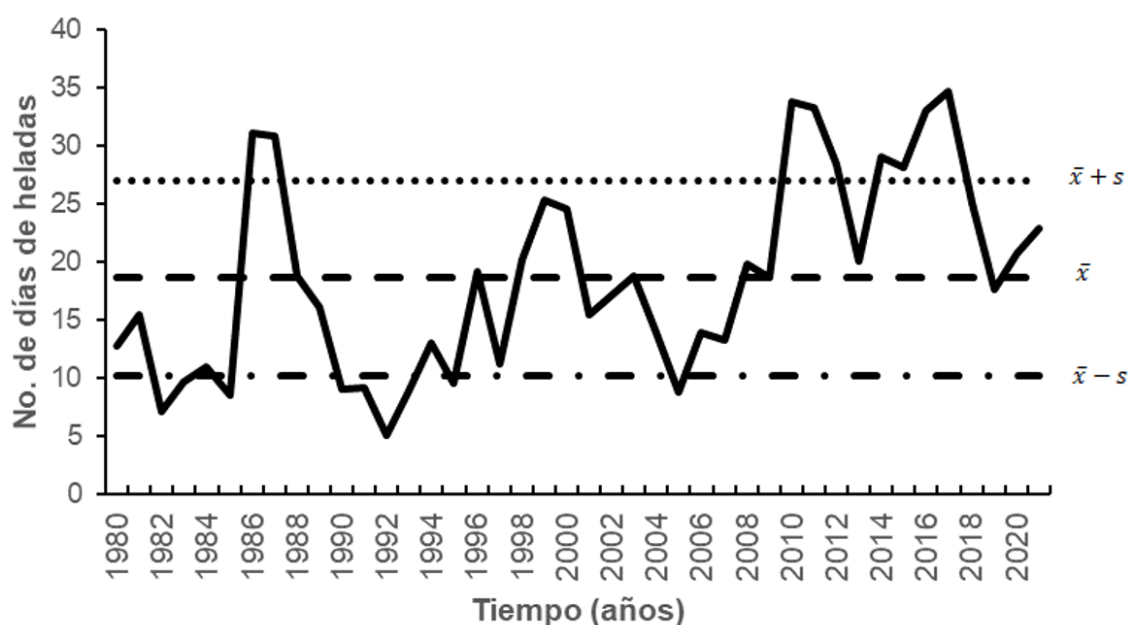


Nota: Adaptado con datos del CONAGUA, 2024.

El estudio del comportamiento de número de las heladas durante el periodo 1980-2021, se aprecia en la Ilustración 52, manifestando ocho años con alta frecuencia mayores a 27 días con heladas (1986, 1987, 2010, 2011, 2014, 2015, 2016 y 2017), sin embargo, se contabilizan ocho años con baja frecuencia menores a 10 días con heladas (1982, 1983, 1985, 1990, 1991, 1992, 1995 y 2005) y, por último, son 25 años normales que van de 11 a 26 días con heladas. Los resultados indican que Emiliano Zapata experimenta heladas con una frecuencia equilibrada entre alta y baja.

Ilustración 52.

Caracterización del número de heladas en Emiliano Zapata durante el periodo 1980-2021

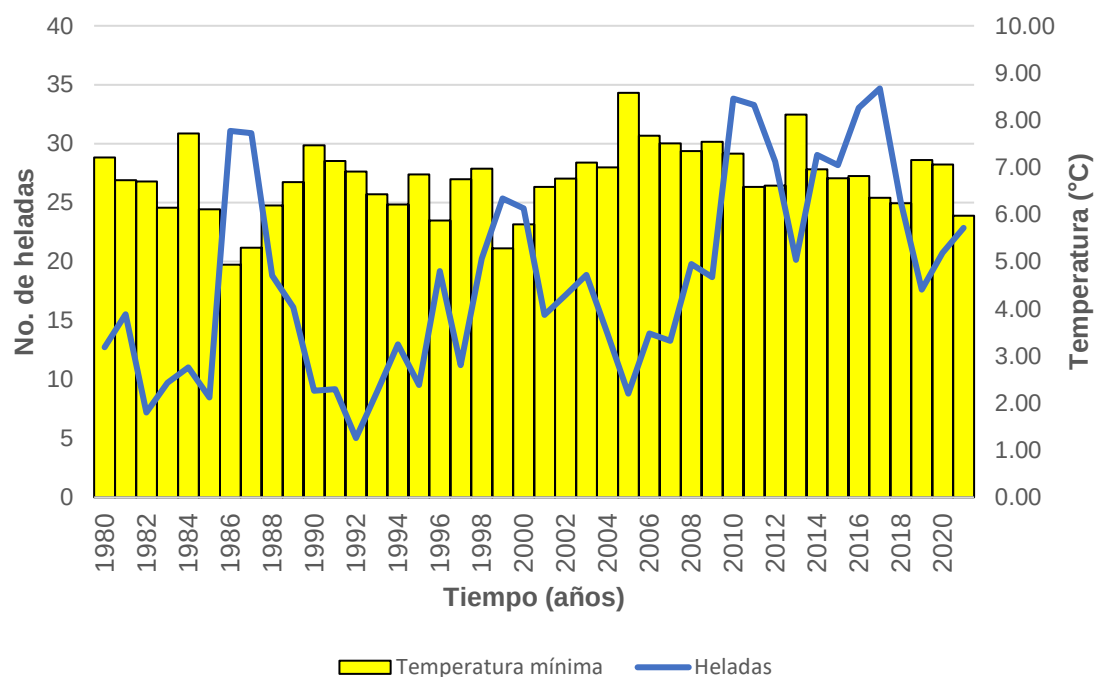


Nota: Adaptado con datos del CONAGUA, 2024.

La temperatura mínima del periodo analizado señala que los años 1986, 1987 y 1999 fueron los más bajos teniendo 4.94°C a 5.28°C, mientras que los años más altos fueron 2005 con 5.58°C y 2013 con 8.13°C. Los años con mayor número de heladas se registraron en 2010 con 34, 2011 con 33, 2016 con 33 y 2017 con 35. En los últimos 11 años se han incrementado el número de heladas teniendo como mínimo 11 heladas por año en comparación con los años restantes del periodo (Ilustración 53).

Ilustración 53.

Temperatura mínima y heladas en Emiliano Zapata durante el periodo 1980-2021



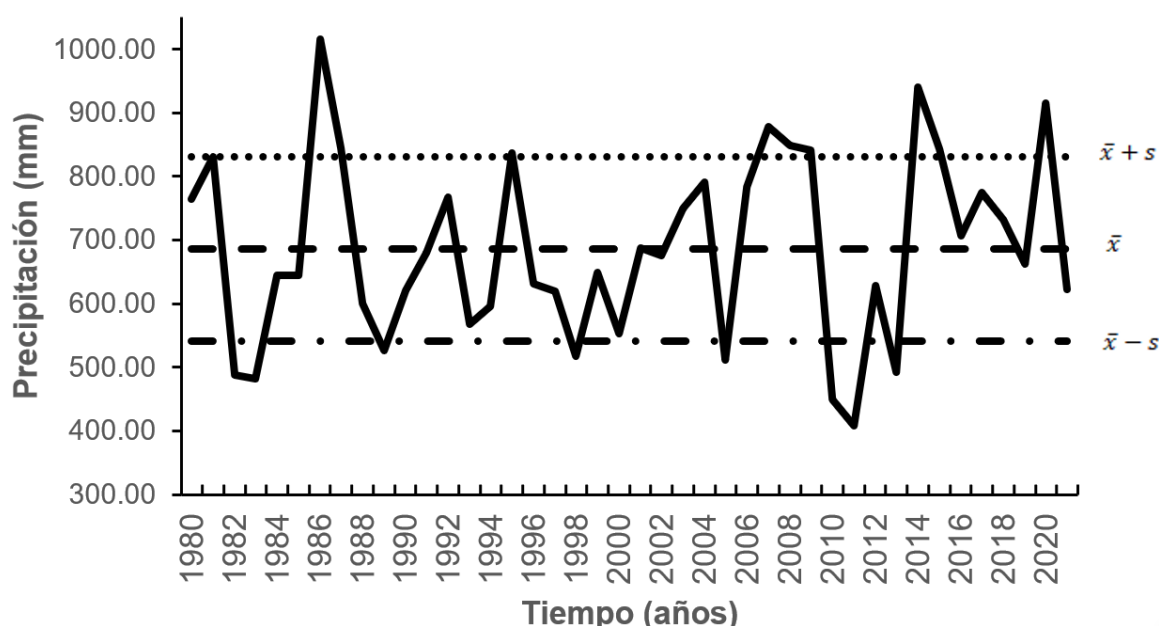
Nota: Adaptado con datos del CONAGUA, 2024.

5.2.13. Riesgos por Lluvia y Heladas en Lázaro Cárdenas

En la Ilustración 54 se aprecia el comportamiento de la lluvia durante el periodo 1980-2021, este estudio muestra siete años con exceso de humedad mayores a 831.07 mm (1981, 1986, 2007, 2008, 2009, 2014 y 2020), de igual manera se contabilizan ocho años con sequía menores a 541.09 mm (1982, 1983, 1989, 1998, 2005, 2010, 2012 y 2013) y, finalmente, son 26 años normales entre 541.10 a 831.06 mm. Este análisis puntualiza que Lázaro Cárdenas es más propenso a experimentar sequías en comparación con excesos de lluvia.

Ilustración 54.

Caracterización de los años secos y húmedos en Lázaro Cárdenas durante el periodo 1980-2021

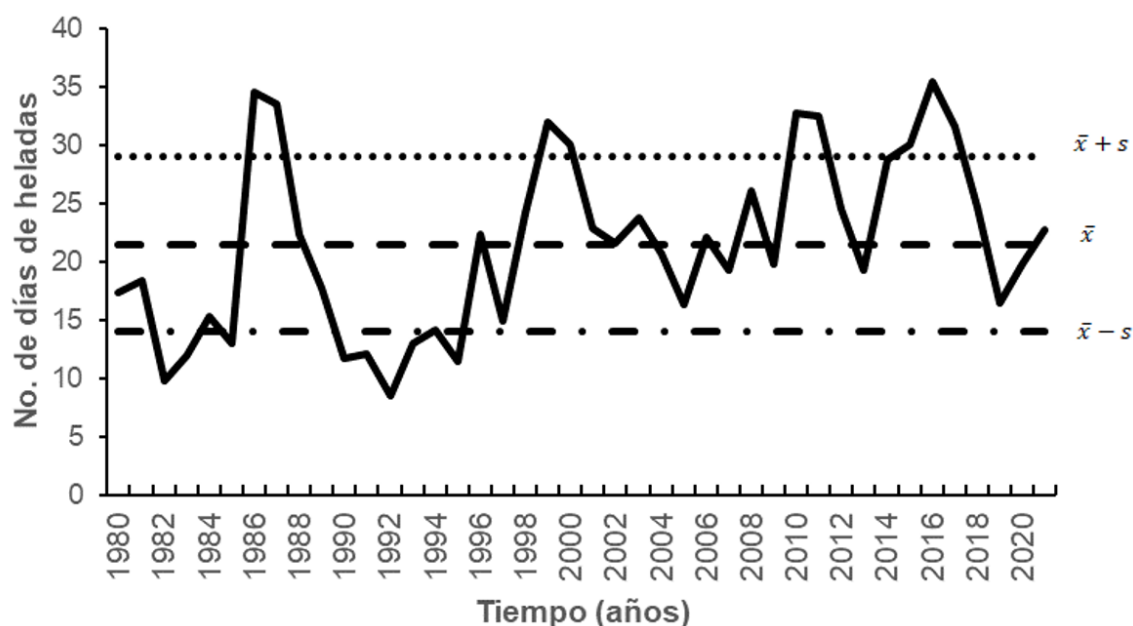


Nota: Adaptado con datos del CONAGUA, 2024.

La Ilustración 55 ilustra el análisis del comportamiento de número de las heladas durante el periodo 1980-2021, se observa diez años con alta frecuencia mayores a 29 días con heladas (1986, 1987, 1999, 2000, 2010, 2011, 2014, 2015, 2016 y 2017), sin embargo, son ocho años con baja frecuencia menores a 14 días con heladas (1982, 1985, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994 y 1995) y para finalizar son 23 años normales que van de 15 a 28 días con heladas. Los resultados describen que Lázaro Cárdenas es más propenso a una alta frecuencia de heladas.

Ilustración 55.

Caracterización del número de heladas en Lázaro Cárdenas durante el periodo 1980-2021

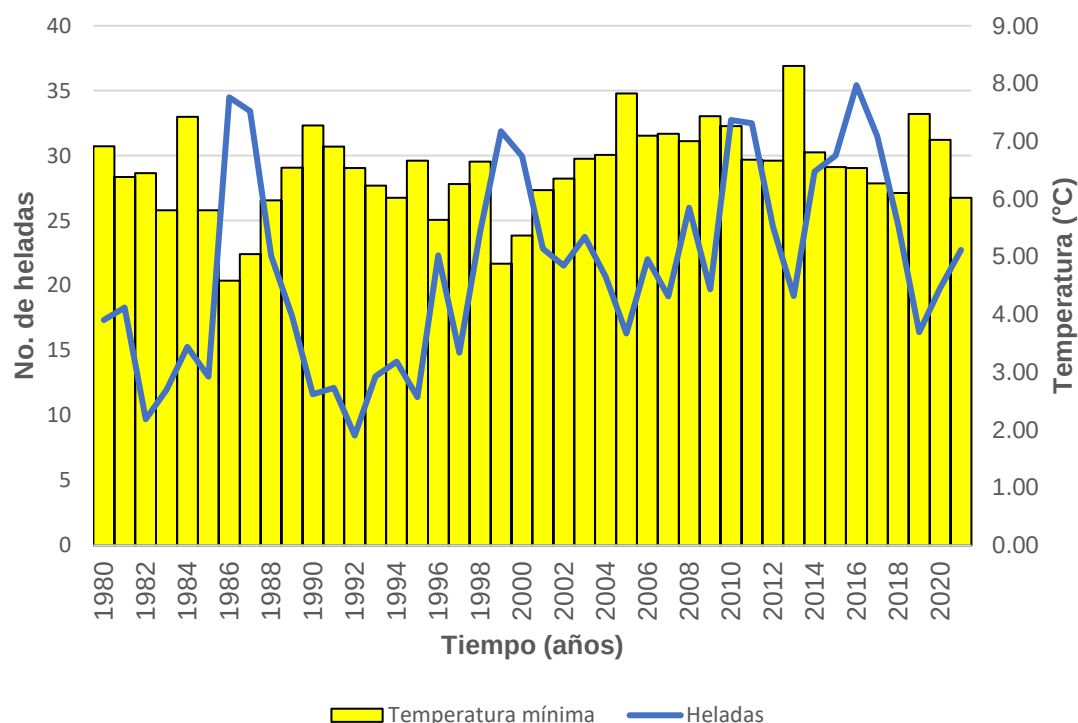


Nota: Adaptado con datos del CONAGUA, 2024.

Del periodo analizado se puede observar que el año 2013 registro la más alta temperatura mínima de todos los años alcanzando los 8.31°C. De los años 1980 al 2000 se detecta una fuerte relación entre la temperatura mínima y el número de heladas como lo marcan los años con la temperatura más baja 1986, 1987, 1999 y 2000 mismos años con más frecuencia de heladas, sin embargo, de los años 2000 al 2021 se nota lo contrario la temperatura se eleva al igual que el número de las heladas, el año 2016 es el mayor en número de heladas llegando a las 35 con una temperatura de 6.54°C (Ilustración 56).

Ilustración 56.

Temperatura mínima y heladas en Lázaro Cárdenas durante el periodo 1980-2021



Nota: Adaptado con datos del CONAGUA, 2024.

5.2.14. Discusión del Análisis de los Resultados de la Variabilidad Climática de la Región Oriente-Huamantla

El análisis de los datos de precipitación en los 13 municipios durante el periodo 1980-2021 revela patrones significativos relacionados con años de exceso de humedad y sequía, así como un rango intermedio de condiciones normales.

En todos los municipios, los años con exceso de humedad precipitación por encima del umbral superior ($\bar{x} + s$), tienden a concentrarse en ciertos periodos específicos, destacando particularmente los años 1981, 1992, 2013, 2014, 2015 y 2018. Estos años aparecen repetidamente en varios municipios, sugiriendo que factores climáticos regionales o globales favorecieron una mayor disponibilidad de agua.

El año 1981 es uno de los más consistentes, apareciendo en 11 de los 13 municipios como un año con exceso de humedad al igual que los años 2013, 2014 y 2015 también son recurrentes en varios municipios. Esto sugiere que fue un periodo regionalmente húmedo asociado con eventos climáticos que pueden estar relacionados con los fenómenos de El Niño y La Niña, Pabón Caicedo y Montealegre Bocanegra (2017) señalan que son un componente clave en la variabilidad climática interanual. Estos fenómenos alteran significativamente los patrones de temperatura, precipitación y otras variables climáticas en diversas regiones del mundo, lo que provoca importantes repercusiones sociales y ambientales.

Si se correlaciona estos años con los de mayores rendimientos encontraremos que coinciden algunos años, particularmente en los años 2013, 2014 y 2016. Estos años son recurrentes en municipios como Huamantla, Atltzayanca, Cuapiaxtla, Xaloztoc, Teacalco, Tocatlán, Emiliano Zapata y Lázaro Cárdenas. Esto sugiere que el exceso de humedad puede haber favorecido el desarrollo del cultivo de maíz de temporal en estos periodos, posiblemente debido a una mayor disponibilidad de agua durante las etapas críticas del ciclo vegetativo.

Por otro lado, los años con sequía, es decir, precipitación por debajo del umbral inferior ($\bar{x} - s$), también muestran patrones recurrentes, destacando particularmente los años 1982, 1983, 1989, 1993, 2000, 2005 y 2011. Estos años aparecen repetidamente en varios municipios, sugiriendo que fueron periodos de escasez de agua a nivel regional.

El año 1983 es uno de los más críticos, apareciendo en 12 de los 13 municipios como un año de sequía. Esto sugiere que fue un periodo extremadamente seco, posiblemente asociado con eventos climáticos adversos como El Niño y La Niña, que puede reducir significativamente las precipitaciones.

El año 2005 también destaca como uno de los más problemáticos, apareciendo en 11 de los 13 municipios como un año de sequía. Este fenómeno coincide con los bajos rendimientos agrícolas observados previamente, lo que

refuerza la hipótesis de que la falta de agua fue un factor clave en la disminución de la producción de maíz.

El año 2011 aparece en 7 de los 13 municipios como un año de sequía, lo que sugiere que fue otro periodo crítico para la región. Esto también coincide con los bajos rendimientos agrícolas registrados en ese año.

El análisis de los datos de frecuencia de heladas en los 13 municipios durante el periodo 1980-2021 señala patrones significativos relacionados con años de alta y baja ocurrencia de heladas, así como un rango intermedio de condiciones normales. En todos los municipios, los años con alta frecuencia de heladas por encima del umbral superior, $(\bar{x} + s)$, tienden a concentrarse en ciertos periodos específicos, destacando particularmente los años 1996, 1999, 1986, 1993, 2010 y 2011. Estos años aparecen repetidamente en varios municipios, sugiriendo que factores climáticos regionales o globales favorecieron condiciones más frías.

Según Lazos Chavero (2014) en 2011, una severa helada provocó la pérdida del 50% de la superficie cultivada de maíz, lo que resultó en una producción de apenas 130,000 t en el estado de Tlaxcala (p. 205), datos de producción que reporta el SIAP si concuerda en esta investigación, sin embargo, el análisis anterior de clima, el año 2011 solo aparece en exceso de frecuencias de heladas en 5 municipios: Atltzayanca, Emiliano Zapata, Lázaro Cárdenas y Tequexquitla por lo que su información no concuerda con los datos de CONAGUA ya que en los 9 municipios restantes no se detectó alta frecuencia de heladas.

El año 1996 es el más consistente, apareciendo en 11 de los 13 municipios como un año de alta frecuencia de heladas. Esto sugiere que fue un periodo regionalmente frío, que puede intensificar las temperaturas bajas. El año 1999 también destaca, afectando a 9 municipios, lo que refuerza la idea de una influencia climática amplia durante la década de 1990.

Por otro lado, los años con baja frecuencia de heladas por debajo del umbral inferior $(\bar{x} - s)$, muestran patrones recurrentes, destacando particularmente los años 2017, 2018, 2019, 2020 y 2021. Estos años aparecen repetidamente en varios

municipios, sugiriendo que fueron periodos cálidos a nivel regional. Este comportamiento podría estar relacionado con el calentamiento global o variabilidad climática reciente. Estrada Porrúa et al. (2023) mencionan que, desde principios del siglo XX, México ha experimentado un incremento en su temperatura media del aire de 1.69 °C con un rango de 1.59 °C a 1.81 °C, superando el aumento promedio global de 1.23 °C durante el mismo periodo. Este cambio climático es aún más evidente al analizar las tasas de calentamiento por siglo, mientras la temperatura global ha crecido a una tasa de 1.90 °C, de 1.78 °C a 1.97 °C por siglo, en México esta cifra asciende a 2.88 °C que va de 2.77 °C a 3.03 °C por siglo, lo que indica un calentamiento significativamente más acelerado en el país. Se proyecta que, en las próximas décadas, esta tendencia continuará, con México enfrentando un ritmo de calentamiento más rápido en comparación con el promedio mundial (p.15).

El análisis de la relación entre la temperatura mínima y la frecuencia de heladas en los 13 municipios durante el periodo 1980-2021 muestra una fuerte relación, a mayor temperatura mínima, menor número de heladas, y viceversa. Este patrón se observa consistentemente en todas las localidades estudiadas.

En Huamantla, por ejemplo, el año 1999 registró el mayor número de heladas (135 días) con una temperatura mínima de 4.5°C, mientras que, en los últimos años, con temperaturas mínimas superiores a 7°C, el número de heladas disminuyó significativamente entre 10 y 16 días. Este comportamiento también es evidente en Cuapixtla, donde los años más fríos como 1989 y 1990 tuvieron las mayores frecuencias de heladas que van de 70 y 103 días, mientras que en los últimos años 2013-2021, con temperaturas mínimas entre 6.29°C y 7.75°C, las heladas disminuyeron drásticamente entre 12 y 43 días.

Un caso destacado es Tequexquitla, donde el año 1996 registró la temperatura mínima más baja del periodo con 1.18°C y la mayor cantidad de heladas con 173 días. En contraste, desde 2013, las temperaturas mínimas han aumentado, lo que ha reducido significativamente la ocurrencia de heladas. Este patrón de calentamiento progresivo y disminución de heladas también se observa en Tocatlán, donde las temperaturas mínimas pasaron de 6.17°C de los años 1980-

2000 a 8.87°C en 2019, acompañado de una caída en las heladas de 87 días en 1999 a solo 11 días en 2020.

Sin embargo, no todos los municipios siguen este patrón lineal. En Lázaro Cárdenas, aunque las temperaturas mínimas han aumentado en las últimas décadas, el número de heladas también ha crecido en los últimos años, por ejemplo, 35 heladas en 2016 con una temperatura mínima de 6.54°C.

En general, los datos muestran un incremento notable en las temperaturas mínimas en la mayoría de los municipios, especialmente desde 2013, lo que ha reducido la frecuencia de heladas. Estos datos concuerdan perfectamente con lo mencionado por Estrada Porrúa et al. (2023, p. 16) describiendo que las tasas de calentamiento en México presentan variaciones significativas tanto en su distribución geográfica como en la magnitud de los cambios registrados. En el periodo 1975-2021, gran parte del territorio nacional mostró un aumento de temperaturas entre 2 °C y 4 °C por siglo.

5.3. Evaluación de Riesgo

5.3.1. Amenazas por Lluvia y Heladas en Huamantla

Para la evaluación del riesgo se desarrolla la matriz que describe la relación impacto/amenaza que se aprecia en el Marco metodológico.

Para construir la matriz y estimar el riesgo de lluvias se necesita establecer una relación de años secos, años normales y años con excesos de lluvias con sus respectivos rendimientos (Cuadro 19).

Cuadro 19.

Rendimientos en años con sequía, normales y con exceso de lluvias en Huamantla de 1992 al 2021

Años con sequía	Rendimientos (t/ha)	Años Normales	Rendimientos (t/ha)	Años con exceso de lluvia	Rendimientos (t/ha)
1993	1.40	1994	2.30	1992	2.96
2000	1.99	1996	2.40	1995	1.50
2005	0.60	1997	1.00	2013	3.00
2017	2.82	1998	1.30	2014	3.00
2021	3.01	1999	1.24	2015	2.40
		2001	2.65	2018	2.30
		2002	1.60		
		2003	2.45		
		2004	2.40		
		2006	2.00		
		2007	1.71		
		2008	2.95		
		2009	1.90		
		2010	2.50		
		2011	2.40		
		2012	2.90		
		2016	3.10		
		2019	2.60		
		2020	3.20		

Se definen los rangos para clasificar el rendimiento en bajo, normal y alto. Estos rangos se calculan sumando y restando una desviación estándar al

rendimiento promedio de cada región. Los valores resultantes se encuentran en la Cuadro 20.

Cuadro 20.

Rangos de rendimiento del maíz

Rango	Rendimiento (t/ha)
Bajo	≤ 1.63
Medio	De 1.64 a 2.97
Alto	≥ 2.98

De igual manera se establecen los rangos de precipitación sobre la base de los datos de lluvia históricos que aparecen en la Cuadro 21.

Cuadro 21.

Rangos de precipitación del maíz

Rango	Precipitación (mm)
Sequía	≤ 515.80
Normal	De 515.81 a 771.81
Excesiva	≥ 771.82

De esta manera, los valores para la matriz 1 que corresponde al caso maíz Huamantla, se obtienen:

$R(A_1, B_1)$ = Probabilidad de que se presenten valores de rendimiento menores o iguales a 1.63 t/ha en años con sequías ≤ 515.80 mm

$$R(A_1, B_1) = P(B_1|A_1) = \frac{2}{5} * 100 = 40\%$$

$R(A_2, B_1)$ = Probabilidad de que se presenten valores de rendimiento menores o iguales a 1.63 t/ha en años normales de 515.81 a 771.81 mm

$$R(A_2, B_1) = P(B_1|A_2) = \frac{4}{19} * 100 = 21.05\%$$

$R(A_3, B_1)$ = Probabilidad de que se presenten valores de rendimiento menores o iguales a 1.63 t/ha en años con exceso de lluvia ≥ 771.82 mm

$$R(A_3, B_1) = P(B_1|A_3) = \frac{1}{6} * 100 = 16.66\%$$

Para los demás rangos de rendimientos se deberá hacer el mismo procedimiento.

Cuadro 22.

Probabilidad del rendimiento de maíz ante eventos extremos por lluvia en Huamantla

Evento/Rendimiento	Bajo (%)	Medio (%)	Alto (%)
Sequía	40.0	20.0	40.0
Normal	21.05	15.78	63.15
Lluvia excesiva	16.66	33.33	50.0

En la Cuadro 22 se observa que en años de sequía se tiene un 20% de probabilidad de obtener rendimientos medios y un 40% de obtener rendimientos bajos y altos. En años normales de lluvia se obtiene un 63.15% de obtener rendimientos altos y con eventos con lluvias excesivas se obtiene un 50% de obtener rendimientos altos. En definitiva, Huamantla muestra resultados de ser vulnerable a las sequías.

Para construir la matriz y estimar el riesgo de heladas se necesita establecer una relación de años con baja frecuencia, años normales y años con frecuencia alta de heladas con sus respectivos rendimientos (Cuadro 23).

Cuadro 23.

Rendimientos en años con frecuencia baja, frecuencia normal y frecuencia alta en Huamantla de 1992 al 2021

Años con frecuencia baja	Rendimientos (t/ha)	Años con frecuencia normal	Rendimientos (t/ha)	Años con frecuencia alta	Rendimientos (t/ha)
2013	3.00	1992	2.96	1993	1.40
2015	2.40	1994	2.30	1996	2.40
2017	2.82	1995	1.50	1999	1.24
2018	2.30	1997	1.00	2000	1.99
2019	2.60	1998	1.30	2001	2.65
2020	3.20	2002	1.60	2006	2.00
2021	3.01	2003	2.45		
		2004	2.40		
		2005	0.60		
		2007	1.71		
		2008	2.95		
		2009	1.90		
		2010	2.50		
		2011	2.40		
		2012	2.90		
		2014	3.00		
		2016	3.10		

Se establecen los rangos de días con heladas en la Cuadro 24.

Cuadro 24.

Rangos de días con heladas

Rango	Días con heladas por año
Bajo	≤ 30
Medio	De 31 a 90
Alto	≥ 91

De esta manera, los valores para la matriz 2 que corresponde al caso maíz Huamantla, se obtienen:

$R(A_1, B_1)$ = Probabilidad de que se presenten valores de rendimiento menores o iguales a 1.63 t/ha en años con baja frecuencia ≤ 30 días

$$R(A_1, B_1) = P(B_1|A_1) = \frac{0}{7} * 100 = 0\%$$

$R(A_2, B_1)$ = Probabilidad de que se presenten valores de rendimiento menores o iguales a 1.63 t/ha en años con frecuencia normal de 31 a 90 días

$$R(A_2, B_1) = P(B_1|A_2) = \frac{5}{17} * 100 = 29.41\%$$

$R(A_3, B_1)$ = Probabilidad de que se presenten valores de rendimiento menores o iguales a 1.63 t/ha en años con alta frecuencia ≥ 91 días

$$R(A_3, B_1) = P(B_1|A_3) = \frac{2}{6} * 100 = 33.33\%$$

Para los demás rangos de rendimientos se deberá hacer el mismo procedimiento.

Cuadro 25.

Probabilidad del rendimiento de maíz ante eventos extremos por heladas en Huamantla

Evento/Rendimiento	Bajo (%)	Medio (%)	Alto (%)
Frecuencia baja	0.0	57.14	42.85
Frecuencia Media	29.41	58.82	11.76
Frecuencia Alta	33.33	66.66	0.0

La Cuadro 25 muestra un 57.14% de obtener rendimientos medios con baja frecuencia, un 58.82% de obtener rendimientos medios con frecuencia media y con frecuencia alta da un 66.66% de obtener rendimientos medios. Como cierre, Huamantla muestra resultados de no ser vulnerable a los eventos de heladas.

5.3.2. Amenazas por Lluvia y Heladas en Atltzayanca

Cuadro 26.

Rendimientos en años con sequía, normales y con exceso de lluvias en Atltzayanca de 1992 al 2021

Años con sequía	Rendimientos (t/ha)	Años Normales	Rendimientos (t/ha)	Años con exceso de lluvia	Rendimientos (t/ha)
1993	1.40	1992	2.54	2004	2.41
1996	2.40	1994	1.80	2014	3.00
1998	1.20	1995	1.50	2015	1.50
2000	2.00	1997	1.00	2016	3.10
2005	0.40	1999	1.20	2017	2.84
		2001	2.01	2018	2.48
		2002	1.20		
		2003	2.10		
		2006	1.80		
		2007	1.90		
		2008	2.95		
		2009	2.00		
		2010	2.50		
		2011	2.30		
		2012	2.80		
		2013	2.80		
		2019	1.85		
		2020	1.15		
		2021	1.59		

Se definen los rangos para clasificar el rendimiento en bajo, normal y alto. Los valores resultantes se presentan en la Cuadro 27.

Cuadro 27.*Rangos de rendimiento del maíz*

Rango	Rendimiento (t/ha)
Bajo	≤ 1.32
Medio	De 1.33 a 2.66
Alto	≥ 2.67

De igual manera se establecen los rangos de precipitación sobre la base de los datos de lluvia históricos en la Cuadro 28.

Cuadro 28.*Rangos de precipitación del maíz*

Rango	Precipitación (mm)
Sequía	≤ 442.09
Normal	De 442.09 a 738.48
Excesiva	≥ 738.48

De esta manera, los valores para la matriz 3 que corresponde al caso maíz Atltzayanca, se obtienen:

Cuadro 29.*Probabilidad del rendimiento de maíz ante eventos extremos por lluvia en Atltzayanca*

Evento/Rendimiento	Bajo (%)	Medio (%)	Alto (%)
Sequía	40.0	60.0	0.0
Normal	21.05	63.15	15.78
Lluvia excesiva	0.0	50.0	50.0

En la Cuadro 29 se revela que en años de sequía se tiene un 60% de probabilidad de obtener rendimientos medios, un 40% de obtener rendimientos bajos y 0.0% de obtener rendimientos altos. En años normales de lluvia se obtiene

un 63.15% de obtener rendimientos medios y con eventos con lluvias excesivas se obtiene un 50% de obtener rendimientos medios y altos. Resumidamente, Atltzayanca no muestra resultados de ser tan vulnerable a las sequías.

Se prosigue a estimar el riesgo de heladas estableciendo una relación de años con baja frecuencia, años normales y años con frecuencia alta de heladas con sus respectivos rendimientos (Cuadro 30).

Cuadro 30.

Rendimientos en años con frecuencia baja, frecuencia normal y frecuencia alta en Atltzayanca de 1992 al 2021

Años con frecuencia baja	Rendimientos (t/ha)	Años con frecuencia normal	Rendimientos (t/ha)	Años con frecuencia alta	Rendimientos (t/ha)
1992	2.54	1993	1.40	2004	2.41
1995	1.50	1994	1.80	2005	0.40
2019	1.85	1996	2.40	2006	1.80
		1997	1.00	2007	1.90
		1998	1.20	2008	2.95
		1999	1.20	2009	2.00
		2000	2.00	2010	2.50
		2001	2.01	2011	2.30
		2002	1.20		
		2003	2.10		
		2012	2.80		
		2013	2.80		
		2014	3.00		
		2015	1.50		
		2016	3.10		
		2017	2.84		
		2018	2.48		
		2020	1.15		
		2021	1.59		

Se establecen los rangos de días con heladas en la Cuadro 31.

Cuadro 31.*Rangos de días con heladas*

Rango	Días con heladas por año
Bajo	≤ 3
Medio	De 4 a 57
Alto	≥ 58

De esta manera, los valores para la matriz 4 que corresponde al caso maíz Atltzayanca, se obtienen:

Cuadro 32.

Probabilidad del rendimiento de maíz ante eventos extremos por heladas en Atltzayanca

Evento/Rendimiento	Bajo (%)	Medio (%)	Alto (%)
Frecuencia baja	0.0	0.0	100
Frecuencia Media	26.31	26.31	31.03
Frecuencia Alta	12.5	12.5	75

La Cuadro 32 exhibe un 100% de obtener rendimientos altos con baja frecuencia, un 75% de obtener rendimientos altos con frecuencia alta y en frecuencia media un 26.31% de obtener rendimientos medios. A modo de resumen, Atltzayanca muestra resultados de no ser vulnerable a los eventos de heladas.

5.3.3. Amenazas por Lluvia y Heladas en Cuapixtla

Cuadro 33.

Rendimientos en años con sequía, normales y con exceso de lluvias en Cuapixtla de 1992 al 2021

Años con sequía	Rendimientos (t/ha)	Años Normales	Rendimientos (t/ha)	Años con exceso de lluvia	Rendimientos (t/ha)
1993	1.40	1994	1.90	1992	2.64
2020	1.50	1995	1.60	2013	3.20
		1996	2.40	2014	3.00
		1997	1.00	2015	1.80
		1998	1.70	2016	3.10
		1999	1.20	2018	2.31
		2000	2.00	2021	1.91
		2001	2.40		
		2002	1.50		
		2003	2.45		
		2004	2.41		
		2005	0.40		
		2006	1.99		
		2007	1.80		
		2008	2.95		
		2009	1.40		
		2010	2.49		
		2011	0.33		
		2012	2.80		
		2017	2.69		
		2019	2.40		

Se definen los rangos para clasificar el rendimiento en bajo, normal y alto. Los valores resultantes se detallan en la Cuadro 34.

Cuadro 34.*Rangos de rendimiento del maíz*

Rango	Rendimiento (t/ha)
Bajo	≤ 1.29
Medio	De 1.30 a 2.74
Alto	≥ 2.75

De igual manera se establecen los rangos de precipitación sobre la base de los datos de lluvia históricos en la Cuadro 35.

Cuadro 35.*Rangos de precipitación del maíz*

Rango	Precipitación (mm)
Sequía	≤ 447.68
Normal	De 447.69 a 725.09
Excesiva	≥ 725.08

De esta manera, los valores para la matriz 5 que corresponde al caso maíz Cuapiaxtla, se obtienen:

Cuadro 36.*Probabilidad del rendimiento de maíz ante eventos extremos por lluvia en Cuapiaxtla*

	Bajo (%)	Medio (%)	Alto (%)
Evento/Rendimiento			
Sequía	0.0	100.0	0.0
Normal	19.04	71.42	9.52
Lluvia excesiva	0.0	57.14	42.85

En la Cuadro 36 se describe que en años de sequía se tiene un 100% de probabilidad de obtener rendimientos medios. En años normales de lluvia se obtiene un 71.42% de obtener rendimientos medios y con eventos con lluvias excesivas se

obtiene un 57.14% de obtener rendimientos medios y un 42.85% de obtener rendimientos altos. Para terminar, Cuapiaxtla no muestra resultados de ser vulnerable a las sequías.

Se prosigue a estimar el riesgo de heladas estableciendo una relación de años con baja frecuencia, años normales y años con frecuencia alta de heladas con sus respectivos rendimientos (Cuadro 37).

Cuadro 37.

Rendimientos en años con frecuencia baja, frecuencia normal y frecuencia alta en Cuapiaxtla de 1992 al 2021

Años con frecuencia baja	Rendimientos (t/ha)	Años con frecuencia normal	Rendimientos (t/ha)	Años con frecuencia alta	Rendimientos (t/ha)
2007	1.80	1992	2.64	1993	1.40
2013	3.20	1994	1.90	1996	2.40
2016	3.10	1995	1.60	1997	1.00
2018	2.31	1998	1.70		
2019	2.40	1999	1.20		
2021	1.91	2000	2.00		
		2001	2.40		
		2002	1.50		
		2003	2.45		
		2004	2.41		
		2005	0.40		
		2006	1.99		
		2008	2.95		
		2009	1.40		
		2010	2.49		
		2011	0.33		
		2012	2.80		
		2014	3.00		
		2015	1.80		
		2017	2.69		
		2020	1.50		

Se establecen los rangos de días con heladas en la Cuadro 38.

Cuadro 38.*Rangos de días con heladas*

Rango	Días con heladas por año
Bajo	≤ 22
Medio	De 23 a 62
Alto	≥ 63

De esta manera, los valores para la matriz 6 que corresponde al caso maíz Cuapiaxtla, se obtienen:

Cuadro 39.

Probabilidad del rendimiento de maíz ante eventos extremos por heladas en Cuapiaxtla

Evento/Rendimiento	Bajo (%)	Medio (%)	Alto (%)
Frecuencia baja	0.0	66.66	33.33
Frecuencia Media	14.28	71.42	14.28
Frecuencia Alta	33.33	66.66	0.0

La Cuadro 39 manifiesta un 66.66% de obtener rendimientos medios con baja frecuencia, un 66.66% de obtener rendimientos medios con frecuencia alta y en frecuencia media un 71.42% de obtener rendimientos medios. En definitiva, Cuapiaxtla muestra resultados de no ser vulnerable a los eventos de heladas.

5.3.4. Amenazas por Lluvia y Heladas en Zitlaltepec

Cuadro 40.

Rendimientos en años con sequía, normales y con exceso de lluvias en Zitlaltepec de 1992 al 2021

Años con sequía	Rendimientos (t/ha)	Años Normales	Rendimientos (t/ha)	Años con exceso de lluvia	Rendimientos (t/ha)
1993	1.50	1994	2.50	1992	2.99
2000	2.00	1995	1.81	2004	2.41
		1996	2.40	2013	2.80
		1997	1.00	2014	3.00
		1998	1.40	2015	2.60
		1999	1.20	2018	2.73
		2001	2.40		
		2002	2.20		
		2003	2.41		
		2005	1.10		
		2006	2.00		
		2007	2.50		
		2008	2.95		
		2009	2.70		
		2010	2.51		
		2011	0.90		
		2012	2.80		
		2016	3.10		
		2017	3.22		
		2019	2.85		
		2020	2.40		
		2021	3.11		

Se definen los rangos para clasificar el rendimiento en bajo, normal y alto. Los valores resultantes están en la Cuadro 41.

Cuadro 41.*Rangos de rendimiento del maíz*

Rango	Rendimiento (t/ha)
Bajo	≤ 1.67
Medio	De 1.68 a 3.00
Alto	≥ 3.01

De igual manera se establecen los rangos de precipitación sobre la base de los datos de lluvia históricos en la Cuadro 42.

Cuadro 42.*Rangos de precipitación del maíz*

Rango	Precipitación (mm)
Sequía	≤ 555.47
Normal	De 55.48 a 761.70
Excesiva	≥ 761.71

De esta manera, los valores para la matriz 7 que corresponde al caso maíz Zitlaltepec, se obtienen:

Cuadro 43.*Probabilidad del rendimiento de maíz ante eventos extremos por lluvia en Zitlaltepec*

Evento/Rendimiento	Bajo (%)	Medio (%)	Alto (%)
Sequía	50.0	50.0	0
Normal	22.72	63.63	13.63
Lluvia excesiva	0.0	100	0

En la Cuadro 43 señala que ante el evento de sequía se obtiene un 50% de obtener rendimientos tanto bajos como medios, con lluvia normal se obtiene un 63.63% de obtener rendimientos medios y con lluvia excesiva se obtiene un 100%

de obtener rendimientos medios. En general, Zitlaltepec muestra resultados de ser vulnerable a los eventos de sequía.

Se prosigue a estimar el riesgo de heladas estableciendo una relación de años con baja frecuencia, años normales y años con frecuencia alta de heladas con sus respectivos rendimientos (Cuadro 44).

Cuadro 44.

Rendimientos en años con frecuencia baja, frecuencia normal y frecuencia alta en Zitlaltepec de 1992 al 2021

Años con frecuencia baja	Rendimientos (t/ha)	Años con frecuencia normal	Rendimientos (t/ha)	Años con frecuencia alta	Rendimientos (t/ha)
1992	2.99	1993	1.50	2000	2.00
1995	1.81	1994	2.50	2008	2.95
2012	2.80	1996	2.40	2010	2.51
2019	2.85	1997	1.00	2014	3.00
2020	2.40	1998	1.40		
2021	3.11	1999	1.20		
		2001	2.40		
		2002	2.20		
		2003	2.41		
		2004	2.41		
		2005	1.10		
		2006	2.00		
		2007	2.50		
		2009	2.70		
		2011	0.90		
		2013	2.80		
		2015	2.60		
		2016	3.10		
		2017	3.22		
		2018	2.73		

Se establecen los rangos de días con heladas en la Cuadro 45.

Cuadro 45.*Rangos de días con heladas*

Rango	Días con heladas por año
Bajo	≤ 13
Medio	De 14 a 41
Alto	≥ 42

De esta manera, los valores para la matriz 8 que corresponde al caso maíz Zitlaltepec, se obtienen:

Cuadro 46.

Probabilidad del rendimiento de maíz ante eventos extremos por heladas en Zitlaltepec

Evento/Rendimiento	Bajo (%)	Medio (%)	Alto (%)
Frecuencia baja	0.0	83.33	16.66
Frecuencia Media	30.0	60.0	10.0
Frecuencia Alta	0.0	100.0	0.0

La Cuadro 46 refleja un 83.33% de obtener rendimientos medios con baja frecuencia, un 60% de obtener rendimientos medios con frecuencia media y en frecuencia alta un 100% de obtener rendimientos medios. En última instancia, Zitlaltepec muestra resultados de no ser vulnerable a los eventos de heladas.

5.3.5. Amenazas por Lluvia y Heladas en Terrenate

Cuadro 47.

Rendimientos en años con sequía, normales y con exceso de lluvias en Terrenate de 1992 al 2021

Años con sequía	Rendimientos (t/ha)	Años Normales	Rendimientos (t/ha)	Años con exceso de lluvia	Rendimientos (t/ha)
2010	2.49	1992	2.84	1995	0.84
2011	0.00	1993	1.40	2007	0.80
2013	3.00	1994	1.70	2009	2.00
		1996	2.38	2014	3.00
		1997	1.00	2020	1.10
		1998	1.50		
		1999	1.20		
		2000	2.00		
		2001	1.94		
		2002	1.50		
		2003	2.38		
		2004	2.41		
		2005	0.50		
		2006	2.10		
		2008	2.95		
		2012	2.80		
		2015	3.10		
		2016	3.20		
		2017	3.14		
		2018	2.07		
		2019	2.38		
		2021	1.83		

Se definen los rangos para clasificar el rendimiento en bajo, normal y alto. Los valores resultantes se observan en la Cuadro 48.

Cuadro 48.*Rangos de rendimiento del maíz*

Rango	Rendimiento (t/ha)
Bajo	≤ 1.14
Medio	De 1.15 a 2.83
Alto	≥ 2.84

De igual manera se establecen los rangos de precipitación sobre la base de los datos de lluvia históricos en la Cuadro 49.

Cuadro 49.*Rangos de precipitación del maíz*

Rango	Precipitación (mm)
Sequía	≤ 471.97
Normal	De 471.98 a 855.57
Excesiva	≥ 855.58

De esta manera, los valores para la matriz 9 que corresponde al caso maíz Terrenate, se obtienen:

Cuadro 50.*Probabilidad del rendimiento de maíz ante eventos extremos por lluvia en Terrenate*

Evento/Rendimiento	Bajo (%)	Medio (%)	Alto (%)
Sequía	33.33	33.33	33.33
Normal	9.09	68.18	22.72
Lluvia excesiva	60.0	20.0	20.0

En la Cuadro 50 revela que ante el evento de sequía se obtiene un 33.33% de obtener rendimientos tanto bajos, medios y altos, con lluvia normal se obtiene un 68.18% de obtener rendimientos medios y con lluvia excesiva se obtiene un 60% de

obtener rendimientos bajos. Para finalizar, Terrenate muestra resultados de ser vulnerable a los eventos de sequía y a la lluvia excesiva.

Se prosigue a estimar el riesgo de heladas estableciendo una relación de años con baja frecuencia, años normales y años con frecuencia alta de heladas con sus respectivos rendimientos (Cuadro 51).

Cuadro 51.

Rendimientos en años con frecuencia baja, frecuencia normal y frecuencia alta en Terrenate de 1992 al 2021

Años con frecuencia baja	Rendimientos (t/ha)	Años con frecuencia normal	Rendimientos (t/ha)	Años con frecuencia alta	Rendimientos (t/ha)
2011	0.00	1992	2.84	2014	3.00
2012	2.80	1993	1.40	2015	3.10
		1994	1.70	2016	3.20
		1995	0.84	2017	3.14
		1996	2.38	2018	2.07
		1997	1.00	2019	2.38
		1998	1.50	2020	1.10
		1999	1.20	2021	1.83
		2000	2.00		
		2001	1.94		
		2002	1.50		
		2003	2.38		
		2004	2.41		
		2005	0.50		
		2006	2.10		
		2007	0.80		
		2008	2.95		
		2009	2.00		
		2010	2.49		
		2013	3.00		

Se establecen los rangos de días con heladas como se detalla en la Cuadro 52.

Cuadro 52.*Rangos de días con heladas*

Rango	Días con heladas por año
Bajo	≤ 0
Medio	De 1 a 19
Alto	≥ 20

De esta manera, los valores para la matriz 10 que corresponde al caso maíz Terrenate, se obtienen:

Cuadro 53.*Probabilidad del rendimiento de maíz ante eventos extremos por heladas en Terrenate*

Evento/Rendimiento	Bajo (%)	Medio (%)	Alto (%)
Frecuencia baja	50.0	50.0	0.0
Frecuencia Media	20.0	65.0	15.0
Frecuencia Alta	12.5	37.5	50.0

La Cuadro 53 se aprecia un 50.0% de obtener rendimientos bajos y medios con baja frecuencia, un 65% de obtener rendimientos medios con frecuencia media y en frecuencia alta un 50.0% de obtener rendimientos altos. En resumen, Terrenate muestra resultados de no ser vulnerable a los eventos de alta frecuencia de heladas.

5.3.6. Amenazas por Lluvia y Heladas en Xaloztoc

Cuadro 54.

Rendimientos en años con sequía, normales y con exceso de lluvias en Xaloztoc de 1992 al 2021

Años con sequía	Rendimientos (t/ha)	Años Normales	Rendimientos (t/ha)	Años con exceso de lluvia	Rendimientos (t/ha)
1993	1.50	1992	2.81	2013	2.90
2000	2.00	1994	1.90	2014	3.00
2002	1.63	1995	1.70	2015	3.10
2005	0.70	1996	2.40		
2011	0.44	1997	1.00		
		1998	1.60		
		1999	1.20		
		2001	2.08		
		2003	2.50		
		2004	2.42		
		2006	2.00		
		2007	1.90		
		2008	2.95		
		2009	1.80		
		2010	2.51		
		2012	2.80		
		2016	3.20		
		2017	3.24		
		2018	2.71		
		2019	2.44		
		2020	2.40		
		2021	3.01		

Se definen los rangos para clasificar el rendimiento en bajo, normal y alto. Los valores resultantes se perciben en la Cuadro 55.

Cuadro 55.*Rangos de rendimiento del maíz*

Rango	Rendimiento (t/ha)
Bajo	≤ 1.47
Medio	De 1.48 a 2.93
Alto	≥ 2.94

De igual manera se establecen los rangos de precipitación sobre la base de los datos de lluvia históricos como se encuentran en la Cuadro 56.

Cuadro 56.*Rangos de precipitación del maíz*

Rango	Precipitación (mm)
Sequía	≤ 617.17
Normal	De 617.18 a 861.47
Excesiva	≥ 861.48

De esta manera, los valores para la matriz 11 que corresponde al caso maíz Xaloztoc, se obtienen:

Cuadro 57.*Probabilidad del rendimiento de maíz ante eventos extremos por lluvia en Xaloztoc*

Evento/Rendimiento	Bajo (%)	Medio (%)	Alto (%)
Sequía	40.0	60.0	0.0
Normal	9.09	72.72	18.18
Lluvia excesiva	0.0	33.33	66.66

En la Cuadro 57 aparece que ante el evento de sequía se obtiene un 60% de obtener rendimientos medios y un 40% de obtener rendimientos bajos, con lluvia normal se obtiene un 72.72% de obtener rendimientos medios y con lluvia excesiva se obtiene un 66.66% de obtener rendimientos altos. En pocas palabras, Xaloztoc

muestra resultados de no ser vulnerable a los eventos de sequía y a la lluvia excesiva.

Se prosigue a estimar el riesgo de heladas estableciendo una relación de años con baja frecuencia, años normales y años con frecuencia alta de heladas con sus respectivos rendimientos (Cuadro 58).

Cuadro 58.

Rendimientos en años con frecuencia baja, frecuencia normal y frecuencia alta en Xaloztoc de 1992 al 2021

Años con frecuencia baja	Rendimientos (t/ha)	Años con frecuencia normal	Rendimientos (t/ha)	Años con frecuencia alta	Rendimientos (t/ha)
2007	1.90	1992	2.81	1993	1.50
2015	3.10	1994	1.90	1996	2.40
2016	3.20	1995	1.70	1999	1.20
2017	3.24	1997	1.00		
2018	2.71	1998	1.60		
2019	2.44	2000	2.00		
2020	2.40	2001	2.08		
2021	3.01	2002	1.63		
		2003	2.50		
		2004	2.42		
		2005	0.70		
		2006	2.00		
		2008	2.95		
		2009	1.80		
		2010	2.51		
		2011	0.44		
		2012	2.80		
		2013	2.90		
		2014	3.00		

Se establecen los rangos de días con heladas en la Cuadro 59.

Cuadro 59.*Rangos de días con heladas*

Rango	Días con heladas por año
Bajo	≤ 28
Medio	De 29 a 66
Alto	≥ 67

De esta manera, los valores para la matriz 12 que corresponde al caso maíz Terrenate, se obtienen:

Cuadro 60.

Probabilidad del rendimiento de maíz ante eventos extremos por heladas en Xaloztoc

Evento/Rendimiento	Bajo (%)	Medio (%)	Alto (%)
Frecuencia baja	0.0	50.0	50.0
Frecuencia Media	15.78	73.68	10.52
Frecuencia Alta	33.33	66.66	0.0

La Cuadro 60 se evidencia un 50.0% de obtener rendimientos medios y altos con baja frecuencia, un 73.68% de obtener rendimientos medios con frecuencia media y en frecuencia alta un 66.66% de obtener rendimientos medios. Finalmente, Terrenate muestra resultados de no ser vulnerable a los eventos de alta frecuencia de heladas.

5.3.7. Amenazas por Lluvia y Heladas en Tzompantepec

Cuadro 61.

Rendimientos en años con sequía, normales y con exceso de lluvias en Tzompantepec de 1992 al 2021

Años con sequía	Rendimientos (t/ha)	Años Normales	Rendimientos (t/ha)	Años con exceso de lluvia	Rendimientos (t/ha)
1993	1.50	1992	5.01	2003	2.60
1998	1.50	1994	2.50	2014	3.00
2000	2.00	1995	1.80	2016	3.20
2002	1.80	1996	2.40	2018	2.64
2005	1.00	1997	1.00		
2008	2.95	1999	1.20		
2011	0.46	2001	2.80		
		2004	2.37		
		2006	1.99		
		2007	2.10		
		2009	2.90		
		2010	2.51		
		2012	2.90		
		2013	3.00		
		2015	3.10		
		2017	3.11		
		2019	2.36		
		2020	3.10		
		2021	3.01		

Se definen los rangos para clasificar el rendimiento en bajo, normal y alto. Los valores resultantes se muestran en la Cuadro 62.

Cuadro 62.*Rangos de rendimiento del maíz*

Rango	Rendimiento (t/ha)
Bajo	≤ 1.53
Medio	De 1.54 a 3.28
Alto	≥ 3.29

De igual manera se establecen los rangos de precipitación sobre la base de los datos de lluvia históricos como se presentan en la Cuadro 63.

Cuadro 63.*Rangos de precipitación del maíz*

Rango	Precipitación (mm)
Sequía	≤ 663.59
Normal	De 663.60 a 896.27
Excesiva	≥ 896.28

De esta manera, los valores para la matriz 13 que corresponde al caso maíz Tzompantepec, se obtienen:

Cuadro 64.*Probabilidad del rendimiento de maíz ante eventos extremos por lluvia en Tzompantepec*

Evento/Rendimiento	Bajo (%)	Medio (%)	Alto (%)
Sequía	42.85	57.14	0.0
Normal	10.52	84.21	5.26
Lluvia excesiva	0.0	100.0	0.0

En la Cuadro 64 revela que ante el evento de sequía se obtiene un 57.14% de obtener rendimientos medios y un 42.85% de obtener rendimientos bajos, con lluvia normal se obtiene un 84.21% de obtener rendimientos medios y con lluvia

excesiva se obtiene un 100% de obtener rendimientos altos. En definitiva, Tzompantepec muestra resultados de no ser vulnerable a los eventos de sequía y de lluvia excesiva.

Se prosigue a estimar el riesgo de heladas estableciendo una relación de años con baja frecuencia, años normales y años con frecuencia alta de heladas con sus respectivos rendimientos (Cuadro 65).

Cuadro 65.

Rendimientos en años con frecuencia baja, frecuencia normal y frecuencia alta en Tzompantepec de 1992 al 2021

Años con frecuencia baja	Rendimientos (t/ha)	Años con frecuencia normal	Rendimientos (t/ha)	Años con frecuencia alta	Rendimientos (t/ha)
2006	1.99	1992	5.01	1993	1.50
2007	2.10	1994	2.50	1996	2.40
2015	3.10	1995	1.80	1999	1.20
2016	3.20	1997	1.00		
2017	3.11	1998	1.50		
2018	2.64	2000	2.00		
2019	2.36	2001	2.80		
2020	3.10	2002	1.80		
2021	3.01	2003	2.60		
		2004	2.37		
		2005	1.00		
		2008	2.95		
		2009	2.90		
		2010	2.51		
		2011	0.46		
		2012	2.90		
		2013	3.00		
		2014	3.00		

Se establecen los rangos de días con heladas en la Cuadro 66.

Cuadro 66.*Rangos de días con heladas*

Rango	Días con heladas por año
Bajo	≤ 31
Medio	De 32 a 82
Alto	≥ 83

De esta manera, los valores para la matriz 14 que corresponde al caso maíz Tzompantepec, se obtienen:

Cuadro 67.

Probabilidad del rendimiento de maíz ante eventos extremos por heladas en Tzompantepec

Evento/Rendimiento	Bajo (%)	Medio (%)	Alto (%)
Frecuencia baja	0.0	100.0	0.0
Frecuencia Media	22.22	72.22	5.55
Frecuencia Alta	66.66	33.33	0.0

La Cuadro 67 exhibe un 100.0% de obtener rendimientos medios con baja frecuencia, un 72.22% de obtener rendimientos medios con frecuencia media y en frecuencia alta un 66.66% de obtener rendimientos bajos. En síntesis, Tzompantepec muestra resultados de ser vulnerable a los eventos de alta frecuencia de heladas.

5.3.8. Amenazas por Lluvia y Heladas en Ixtenco

Cuadro 68.

Rendimientos en años con sequía, normales y con exceso de lluvias en Ixtenco de 1992 al 2021

Años con sequía	Rendimientos (t/ha)	Años Normales	Rendimientos (t/ha)	Años con exceso de lluvia	Rendimientos (t/ha)
1993	1.50	1994	2.50	1992	3.00
2000	2.10	1995	1.80	2013	2.80
2005	1.00	1996	2.40	2014	3.00
		1997	1.00	2015	2.50
		1998	1.40	2018	1.94
		1999	1.20		
		2001	2.70		
		2002	2.20		
		2003	2.44		
		2004	2.37		
		2006	2.20		
		2007	2.50		
		2008	2.95		
		2009	2.70		
		2010	2.49		
		2011	2.50		
		2012	2.90		
		2016	3.10		
		2017	3.16		
		2019	3.06		
		2020	3.12		
		2021	3.01		

Se definen los rangos para clasificar el rendimiento en bajo, normal y alto. Los valores resultantes se detallan en la Cuadro 69.

Cuadro 69.*Rangos de rendimiento del maíz*

Rango	Rendimiento (t/ha)
Bajo	≤ 1.76
Medio	De 1.77 a 3.04
Alto	≥ 3.05

De igual manera se establecen los rangos de precipitación sobre la base de los datos de lluvia históricos en la Cuadro 70.

Cuadro 70.*Rangos de precipitación del maíz*

Rango	Precipitación (mm)
Sequía	≤ 541.35
Normal	De 541.36 a 846.70
Excesiva	≥ 846.71

De esta manera, los valores para la matriz 15 que corresponde al caso maíz Ixtenco, se obtienen:

Cuadro 71.*Probabilidad del rendimiento de maíz ante eventos extremos por lluvia en Ixtenco*

Evento/Rendimiento	Bajo (%)	Medio (%)	Alto (%)
Sequía	66.66	33.33	0.0
Normal	13.63	68.18	18.18
Lluvia excesiva	0.0	100.0	0.0

En la Cuadro 71 se describe que ante el evento de sequía se obtiene un 66.66% de obtener rendimientos bajos y un 33.33% de obtener rendimientos medios, con lluvia normal se obtiene un 68.18% de obtener rendimientos medios y

con lluvia excesiva se obtiene un 100% de obtener rendimientos medios. En conclusión, Ixtenco muestra resultados de ser vulnerable a los eventos de sequía.

Se prosigue a estimar el riesgo de heladas estableciendo una relación de años con baja frecuencia, años normales y años con frecuencia alta de heladas con sus respectivos rendimientos (Cuadro 72).

Cuadro 72.

Rendimientos en años con frecuencia baja, frecuencia normal y frecuencia alta en Ixtenco de 1992 al 2021

Años con frecuencia baja	Rendimientos (t/ha)	Años con frecuencia normal	Rendimientos (t/ha)	Años con frecuencia alta	Rendimientos (t/ha)
2013	2.80	1992	3.00	1996	2.40
2015	2.50	1993	1.50	1999	1.20
2017	3.16	1994	2.50		
2018	1.94	1995	1.80		
2019	3.06	1997	1.00		
2020	3.12	1998	1.40		
2021	3.01	2000	2.10		
		2001	2.70		
		2002	2.20		
		2003	2.44		
		2004	2.37		
		2005	1.00		
		2006	2.20		
		2007	2.50		
		2008	2.95		
		2009	2.70		
		2010	2.49		
		2011	2.50		
		2012	2.90		
		2014	3.00		
		2016	3.10		

Se establecen los rangos de días con heladas en la Cuadro 73.

Cuadro 73.*Rangos de días con heladas*

Rango	Días con heladas por año
Bajo	≤ 22
Medio	De 23 a 55
Alto	≥ 56

De esta manera, los valores para la matriz 16 que corresponde al caso maíz Ixtenco, se obtienen:

Cuadro 74.*Probabilidad del rendimiento de maíz ante eventos extremos por heladas en Ixtenco*

Evento/Rendimiento	Bajo (%)	Medio (%)	Alto (%)
Frecuencia baja	0.0	57.14	42.85
Frecuencia Media	19.04	76.19	4.76
Frecuencia Alta	50.0	50.0	0.0

La Cuadro 74 manifiesta un 57.14% de obtener rendimientos medios y un 42.85% de obtener rendimientos altos con baja frecuencia, un 76.192% de obtener rendimientos medios con frecuencia media y en frecuencia alta un 50% de obtener rendimientos bajos y medios. A gran escala, Ixtenco muestra resultados de ser vulnerable a los eventos de alta frecuencia de heladas.

5.3.9. Amenazas por Lluvia y Heladas en San José Teacalco

Cuadro 75.

Rendimientos en años con sequía, normales y con exceso de lluvias en San José Teacalco de 1996 al 2021

Años con sequía	Rendimientos (t/ha)	Años Normales	Rendimientos (t/ha)	Años con exceso de lluvia	Rendimientos (t/ha)
2005	0.85	1996	2.40	2013	3.40
		1997	1.00	2014	3.00
		1998	1.50	2016	3.21
		1999	1.20	2019	3.08
		2000	2.00		
		2001	2.80		
		2002	1.80		
		2003	2.37		
		2004	2.36		
		2006	2.19		
		2007	2.40		
		2008	2.96		
		2009	2.90		
		2010	2.50		
		2011	1.03		
		2012	2.80		
		2015	3.10		
		2017	2.61		
		2019	3.08		
		2020	3.31		
		2021	3.01		

Se definen los rangos para clasificar el rendimiento en bajo, normal y alto. Los valores resultantes se señalan en la Cuadro 76.

Cuadro 76.*Rangos de rendimiento del maíz*

Rango	Rendimiento (T/ha)
Bajo	≤ 1.68
Medio	De 1.69 a 3.17
Alto	≥ 3.18

De igual manera se establecen los rangos de precipitación sobre la base de los datos de lluvia históricos en la Cuadro 77.

Cuadro 77.*Rangos de precipitación del maíz*

Rango	Precipitación (mm)
Sequía	≤ 603.02
Normal	De 603.01 a 882.94
Excesiva	≥ 882.94

De esta manera, los valores para la matriz 17 que corresponde al caso maíz San José Teacalco, se obtienen:

Cuadro 78.*Probabilidad del rendimiento de maíz ante eventos extremos por lluvia en San José Teacalco*

Evento/Rendimiento	Bajo (%)	Medio (%)	Alto (%)
Sequía	100.0	0.0	0.0
Normal	19.04	76.19	4.76
Lluvia excesiva	0.0	50.0	50.0

En la Cuadro 78 refleja que ante el evento de sequía se obtiene un 100% de obtener rendimientos bajos, con lluvia normal se obtiene un 76.19% de obtener

rendimientos medios y con lluvia excesiva se obtiene un 50% de obtener rendimientos medios y altos. Considerando todo, San José Teacalco muestra resultados de ser vulnerable a los eventos de sequía.

Se prosigue a estimar el riesgo de heladas estableciendo una relación de años con baja frecuencia, años normales y años con frecuencia alta de heladas con sus respectivos rendimientos (Cuadro 79).

Cuadro 79.

Rendimientos en años con frecuencia baja, frecuencia normal y frecuencia alta en San José Teacalco de 1996 al 2021

Años con frecuencia baja	Rendimientos (t/ha)	Años con frecuencia normal	Rendimientos (t/ha)	Años con frecuencia alta	Rendimientos (t/ha)
2007	2.40	1997	1.00	1996	2.40
2015	3.10	1998	1.50	1999	1.20
2016	3.21	2000	2.00		
2017	2.61	2001	2.80		
2018	2.94	2002	1.80		
2019	3.08	2003	2.37		
2020	3.31	2004	2.36		
2021	3.01	2005	0.85		
		2006	2.19		
		2008	2.96		
		2009	2.90		
		2010	2.50		
		2011	1.03		
		2012	2.80		
		2013	3.40		
		2014	3.00		

Se establecen los rangos de días con heladas en la Cuadro 80.

Cuadro 80.*Rangos de días con heladas*

Rango	Días con heladas por año
Bajo	≤ 28
Medio	De 29 a 69
Alto	≥ 70

De esta manera, los valores para la matriz 18 que corresponde al caso maíz San José Teacalco, se obtienen:

Cuadro 81.*Probabilidad del rendimiento de maíz ante eventos extremos por heladas en San José Teacalco*

Evento/Rendimiento	Bajo (%)	Medio (%)	Alto (%)
Frecuencia baja	0.0	75.0	25.0
Frecuencia Media	25.0	68.75	6.25
Frecuencia Alta	50.0	50.0	0.0

La Cuadro 81 se aprecia un 75% de obtener rendimientos medios y un 25% de obtener rendimientos altos con baja frecuencia, un 68.75% de obtener rendimientos medios con frecuencia media y en frecuencia alta un 50% de obtener rendimientos bajos y medios. En términos generales, San José Teacalco muestra resultados de ser vulnerable a los eventos de alta frecuencia de heladas.

5.3.10. Amenazas por Lluvia y Heladas en El Carmen Tequexquitla

Cuadro 82.

Rendimientos en años con sequía, normales y con exceso de lluvias en El Carmen Tequexquitla de 1992 al 2021

Años con sequía	Rendimientos (t/ha)	Años Normales	Rendimientos (t/ha)	Años con exceso de lluvia	Rendimientos (t/ha)
1993	1.20	1995	1.39	1992	2.59
1994	1.40	1997	1.00	2016	3.10
1996	2.40	1999	0.00	2021	1.72
1998	1.00	2000	1.50		
		2001	1.37		
		2002	0.00		
		2003	2.04		
		2004	2.32		
		2005	0.35		
		2006	1.98		
		2007	1.80		
		2008	2.96		
		2009	0.90		
		2010	2.51		
		2011	0.00		
		2012	2.30		
		2013	2.30		
		2014	3.00		
		2015	0.90		
		2017	2.59		
		2018	2.38		
		2019	1.50		
		2020	1.20		

Se definen los rangos para clasificar el rendimiento en bajo, normal y alto. Los valores resultantes se perciben en la Cuadro 83.

Cuadro 83.*Rangos de rendimiento del maíz*

Rango	Rendimiento (t/ha)
Bajo	≤ 0.78
Medio	De 0.79 a 2.5
Alto	≥ 2.5

De igual manera se establecen los rangos de precipitación sobre la base de los datos de lluvia históricos en la Cuadro 84.

Cuadro 84.*Rangos de precipitación del maíz*

Rango	Precipitación (mm)
Sequía	≤ 362.34
Normal	De 362.65 a 565.20
Excesiva	≥ 565.20

De esta manera, los valores para la matriz 19 que corresponde al caso maíz El Carmen Tequexquitla, se obtienen:

Cuadro 85.*Probabilidad del rendimiento de maíz ante eventos extremos por lluvia en El Carmen Tequexquitla*

Evento/Rendimiento	Bajo (%)	Medio (%)	Alto (%)
Sequía	0.0	100.0	0.0
Normal	17.39	65.21	17.39
Lluvia excesiva	0.0	33.33	66.66

En la Cuadro 85 aparece que ante el evento de sequía se obtiene un 100% de obtener rendimientos medios, con lluvia normal se obtiene un 65.21% de obtener

rendimientos medios y con lluvia excesiva se obtiene un 66.66% de obtener rendimientos altos. En conjunto, se observa que El Carmen muestra resultados de no ser vulnerable a los eventos de sequía.

Se prosigue a estimar el riesgo de heladas estableciendo una relación de años con baja frecuencia, años normales y años con frecuencia alta de heladas con sus respectivos rendimientos (Cuadro 86).

Cuadro 86.

Rendimientos en años con frecuencia baja, frecuencia normal y frecuencia alta en El Carmen Tequexquitla de 1992 al 2021

Años con frecuencia baja	Rendimientos (t/ha)	Años con frecuencia normal	Rendimientos (t/ha)	Años con frecuencia alta	Rendimientos (t/ha)
2018	2.38	1992	2.59	1996	2.40
2021	1.72	1993	1.20	1997	1.00
		1994	1.40	2008	2.96
		1995	1.39	2010	2.51
		1998	1.00	2011	0.00
		1999	0.00	2012	2.30
		2000	1.50		
		2001	1.37		
		2002	0.00		
		2003	2.04		
		2004	2.32		
		2005	0.35		
		2006	1.98		
		2007	1.80		
		2009	0.90		
		2013	2.30		
		2014	3.00		
		2015	0.90		
		2016	3.10		
		2017	2.59		
		2019	1.50		
		2020	1.20		

Se establecen los rangos de días con heladas en la Cuadro 87.

Cuadro 87.*Rangos de días con heladas*

Rango	Días con heladas por año
Bajo	≤ 40
Medio	De 41 a 119
Alto	≥ 120

De esta manera, los valores para la matriz 20 que corresponde al caso maíz El Carmen Tequexquitla, se obtienen:

Cuadro 88.*Probabilidad del rendimiento de maíz ante eventos extremos por heladas en El Carmen Tequexquitla*

Evento/Rendimiento	Bajo (%)	Medio (%)	Alto (%)
Frecuencia baja	0.0	100.0	0.0
Frecuencia Media	13.63	72.72	18.18
Frecuencia Alta	16.66	50.0	33.33

La Cuadro 88 se observa un 100% de obtener rendimientos medios con baja frecuencia, un 72.72% de obtener rendimientos medios con frecuencia media y en frecuencia alta un 50% de obtener rendimientos medios y un 33.33% de obtener rendimientos altos. En resumen, El Carmen muestra resultados de no ser vulnerable a los eventos de alta frecuencia de heladas.

5.3.11. Amenazas por Lluvia y Heladas en Tocatlán

Cuadro 89.

Rendimientos en años con sequía, normales y con exceso de lluvias en Tocatlán de 1992 al 2021

Años con sequía	Rendimientos (t/ha)	Años Normales	Rendimientos (t/ha)	Años con exceso de lluvia	Rendimientos (t/ha)
1993	1.40	1992	2.40	2013	3.20
2000	2.00	1994	2.29	2014	3.00
2002	1.71	1995	1.00	2016	3.22
2005	0.95	1996	2.40		
		1997	1.00		
		1998	1.40		
		1999	1.20		
		2001	2.40		
		2003	2.45		
		2004	2.35		
		2006	2.20		
		2007	1.88		
		2008	2.95		
		2009	2.80		
		2010	2.51		
		2011	0.39		
		2012	2.90		
		2015	3.10		
		2017	2.14		
		2018	2.56		
		2019	3.20		
		2020	2.91		
		2021	3.01		

Se definen los rangos para clasificar el rendimiento en bajo, normal y alto. Los valores resultantes se evidencian en la Cuadro 90.

Cuadro 90.*Rangos de rendimiento del maíz*

Rango	Rendimiento (t/ha)
Bajo	≤ 1.47
Medio	De 1.47 a 3.02
Alto	≥ 3.03

De igual manera se establecen los rangos de precipitación sobre la base de los datos de lluvia históricos en la Cuadro 91.

Cuadro 91.*Rangos de precipitación del maíz*

Rango	Precipitación (mm)
Sequía	≤ 597.51
Normal	De 597.52 a 864.99
Excesiva	≥ 865.0

De esta manera, los valores para la matriz 21 que corresponde al caso maíz Tocatlán, se obtienen:

Cuadro 92.*Probabilidad del rendimiento de maíz ante eventos extremos por lluvia en Tocatlán*

Evento/Rendimiento	Bajo (%)	Medio (%)	Alto (%)
Sequía	50.0	50.0	0.0
Normal	21.73	69.56	8.69
Lluvia excesiva	0.0	33.33	66.66

En la Cuadro 92 muestra que ante el evento de sequía se obtiene un 50% de obtener rendimientos bajos y medios, con lluvia normal se obtiene un 69.56% de obtener rendimientos medios y con lluvia excesiva se obtiene un 66.66% de obtener

rendimientos altos. Se puede decir que Tocatlán muestra resultados de ser vulnerable a los eventos de sequía.

Se prosigue a estimar el riesgo de heladas estableciendo una relación de años con baja frecuencia, años normales y años con frecuencia alta de heladas con sus respectivos rendimientos (Cuadro 93).

Cuadro 93.

Rendimientos en años con frecuencia baja, frecuencia normal y frecuencia alta en Tocatlán de 1992 al 2021

Años con frecuencia baja	Rendimientos (t/ha)	Años con frecuencia normal	Rendimientos (t/ha)	Años con frecuencia alta	Rendimientos (t/ha)
2007	1.88	1992	2.40	1993	1.40
2015	3.10	1994	2.29	1996	2.40
2016	3.22	1995	1.00	1999	1.20
2017	2.14	1997	1.00		
2018	2.56	1998	1.40		
2019	3.20	2000	2.00		
2020	2.91	2001	2.40		
2021	3.01	2002	1.71		
		2003	2.45		
		2004	2.35		
		2005	0.95		
		2006	2.20		
		2008	2.95		
		2009	2.80		
		2010	2.51		
		2011	0.39		
		2012	2.90		
		2013	3.20		
		2014	3.00		

Se establecen los rangos de días con heladas en la Cuadro 94.

Cuadro 94.*Rangos de días con heladas*

Rango	Días con heladas por año
Bajo	≤ 28
Medio	De 29 a 63
Alto	≥ 64

De esta manera, los valores para la matriz 22 que corresponde al caso maíz Tocatlán, se obtienen:

Cuadro 95.*Probabilidad del rendimiento de maíz ante eventos extremos por heladas en Tocatlán*

Evento/Rendimiento	Bajo (%)	Medio (%)	Alto (%)
Frecuencia baja	0.0	62.5	37.5
Frecuencia Media	26.31	68.42	5.26
Frecuencia Alta	66.66	33.33	0.0

La Cuadro 95 revela un 62.5% de obtener rendimientos medios con baja frecuencia, un 68.42% de obtener rendimientos medios con frecuencia media y en frecuencia alta un 66.66% de obtener rendimientos bajos y un 33.33% de obtener rendimientos medios. En una visión general, Tocatlán muestra resultados de ser vulnerable a los eventos de alta frecuencia de heladas.

5.3.12. Amenazas por Lluvia y Heladas en Emiliano Zapata

Cuadro 96.

Rendimientos en años con sequía, normales y con exceso de lluvias en Emiliano Zapata de 1996 al 2021

Años con sequía	Rendimientos (t/ha)	Años Normales	Rendimientos (t/ha)	Años con exceso de lluvia	Rendimientos (t/ha)
2005	0.45	1996	2.50	2007	1.90
2010	2.51	1997	1.00	2008	2.93
2011	1.73	1998	1.50	2009	1.72
2013	2.90	1999	1.20	2014	3.00
		2000	2.00	2020	1.20
		2001	1.89		
		2002	1.50		
		2003	2.20		
		2004	2.41		
		2006	2.12		
		2012	2.80		
		2015	3.10		
		2016	3.21		
		2017	3.17		
		2018	2.78		
		2019	1.81		
		2021	1.70		

Se definen los rangos para clasificar el rendimiento en bajo, normal y alto. Los valores resultantes se exhiben la Cuadro 97.

Cuadro 97.

Rangos de rendimiento del maíz

Rango	Rendimiento (t/ha)
Bajo	≤ 1.38
Medio	De 1.39 a 2.83
Alto	≥ 2.84

De igual manera se establecen los rangos de precipitación sobre la base de los datos de lluvia históricos en la Cuadro 98.

Cuadro 98.

Rangos de precipitación del maíz

Rango	Precipitación (mm)
Sequía	≤ 519.22
Normal	De 519.23 a 804.30
Excesiva	≥ 804.31

De esta manera, los valores para la matriz 23 que corresponde al caso maíz Emiliano Zapata, se obtienen:

Cuadro 99.

Probabilidad del rendimiento de maíz ante eventos extremos por lluvia en Emiliano Zapata

Evento/Rendimiento	Bajo (%)	Medio (%)	Alto (%)
Sequía	25.0	50.0	25.0
Normal	11.76	70.58	17.64
Lluvia excesiva	20.0	40.0	40.0

En la Cuadro 99 detalla que ante el evento de sequía se obtiene un 50% de obtener rendimientos medios y un 25% de obtener rendimientos bajos y altos, con lluvia normal se obtiene un 70.58% de obtener rendimientos medios y con lluvia excesiva se obtiene un 40% de obtener rendimientos medios y altos. De forma general, Emiliano Zapata muestra resultados de no ser vulnerable a los eventos de sequía.

Se prosigue a estimar el riesgo de heladas estableciendo una relación de años con baja frecuencia, años normales y años con frecuencia alta de heladas con sus respectivos rendimientos (Cuadro 100).

Cuadro 100.

Rendimientos en años con frecuencia baja, frecuencia normal y frecuencia alta en Emiliano Zapata de 1996 al 2021

Años con frecuencia baja	Rendimientos (t/ha)	Años con frecuencia normal	Rendimientos (t/ha)	Años con frecuencia alta	Rendimientos (t/ha)
2005	0.45	1996	2.50	2010	2.51
		1997	1.00	2011	1.73
		1998	1.50	2014	3.00
		1999	1.20	2015	3.10
		2000	2.00	2016	3.21
		2001	1.89	2017	3.17
		2002	1.50		
		2003	2.20		
		2004	2.41		
		2006	2.12		
		2007	1.90		
		2008	2.93		
		2009	1.72		
		2012	2.80		
		2013	2.90		
		2018	2.78		
		2019	1.81		
		2020	1.20		
		2021	1.70		

Se establecen los rangos de días con heladas en la Cuadro 101.

Cuadro 101.*Rangos de días con heladas*

Rango	Días con heladas por año
Bajo	≤ 10
Medio	De 11 a 26
Alto	≥ 27

De esta manera, los valores para la matriz 24 que corresponde al caso maíz Emiliano Zapata, se obtienen:

Cuadro 102.

Probabilidad del rendimiento de maíz ante eventos extremos por heladas en Emiliano Zapata

Evento/Rendimiento	Bajo (%)	Medio (%)	Alto (%)
Frecuencia baja	100.0	0.0	0.0
Frecuencia Media	15.78	73.68	10.52
Frecuencia Alta	0.0	33.33	66.66

La Cuadro 102 manifiesta un 100% de obtener rendimientos bajos con baja frecuencia, un 73.68% de obtener rendimientos medios con frecuencia media y en frecuencia alta un 66.66% de obtener rendimientos altos. En términos amplios, Emiliano Zapata muestra resultados de no ser vulnerable a los eventos de alta frecuencia de heladas.

5.3.13. Amenazas por Lluvia y Heladas en Lázaro Cárdenas

Cuadro 103.

Rendimientos en años con sequía, normales y con exceso de lluvias en Lázaro Cárdenas de 1996 al 2021

Años con sequía	Rendimientos (t/ha)	Años Normales	Rendimientos (t/ha)	Años con exceso de lluvia	Rendimientos (t/ha)
2005	0.45	1996	2.40	2007	1.80
2010	2.51	1997	1.00	2008	2.95
2012	2.90	1998	1.50	2009	1.10
2013	3.00	1999	1.20	2014	3.00
		2000	2.00	2020	1.10
		2001	1.94		
		2002	1.50		
		2003	2.40		
		2004	2.38		
		2006	1.99		
		2011	0.39		
		2015	3.10		
		2016	3.20		
		2017	3.25		
		2018	3.02		
		2019	2.41		
		2021	1.40		

Se definen los rangos para clasificar el rendimiento en bajo, normal y alto. Los valores resultantes se señalan en la Cuadro 104.

Cuadro 104.

Rangos de rendimiento del maíz

Rango	Rendimiento (t/ha)
Bajo	≤ 1.20
Medio	De 1.21 a 2.90
Alto	≥ 2.91

De igual manera se establecen los rangos de precipitación sobre la base de los datos de lluvia históricos en la Cuadro 105.

Cuadro 105.

Rangos de precipitación del maíz

Rango	Precipitación (mm)
Sequía	≤ 541.09
Normal	De 541.10 a 831.06
Excesiva	≥ 831.07

De esta manera, los valores para la matriz 25 que corresponde al caso maíz Lázaro Cárdenas, se obtienen:

Cuadro 106.

Probabilidad del rendimiento de maíz ante eventos extremos por lluvia en Lázaro Cárdenas

Evento/Rendimiento	Bajo (%)	Medio (%)	Alto (%)
Sequía	25.0	50.0	25.0
Normal	17.64	58.82	23.52
Lluvia excesiva	40.0	20.0	40.0

En la Cuadro 106 refleja que ante el evento de sequía se obtiene un 50% de obtener rendimientos medios y un 25% de obtener rendimientos bajos y altos, con lluvia normal se obtiene un 58.82% de obtener rendimientos medios y con lluvia excesiva se obtiene un 40% de obtener rendimientos bajos y altos. En su totalidad, Lázaro Cárdenas muestra resultados de no ser vulnerable a los eventos de sequía.

Se prosigue a estimar el riesgo de heladas estableciendo una relación de años con baja frecuencia, años normales y años con frecuencia alta de heladas con sus respectivos rendimientos (Cuadro 107).

Cuadro 107.

Rendimientos en años con frecuencia baja, frecuencia normal y frecuencia alta en Lázaro Cárdenas de 1996 al 2021

Años con frecuencia baja	Rendimientos (t/ha)	Años con frecuencia normal	Rendimientos (t/ha)	Años con frecuencia alta	Rendimientos (t/ha)
		1996	2.40	1999	1.20
		1997	1.00	2000	2.00
		1998	1.50	2010	2.51
		2001	1.94	2011	0.39
		2002	1.50	2014	3.00
		2003	2.40	2015	3.10
		2004	2.38	2016	3.20
		2005	0.45	2017	3.25
		2006	1.99		
		2007	1.80		
		2008	2.95		
		2009	1.10		
		2012	2.90		
		2013	3.00		
		2018	3.02		
		2019	2.41		
		2020	1.10		
		2021	1.40		

Se establecen los rangos de días con heladas en la Cuadro 108.

Cuadro 108.

Rangos de días con heladas

Rango	Días con heladas por año
Bajo	≤ 14
Medio	De 15 a 28
Alto	≥ 29

De esta manera, los valores para la matriz 26 que corresponde al caso maíz Lázaro Cárdenas, se obtienen:

Cuadro 109.

Probabilidad del rendimiento de maíz ante eventos extremos por heladas en Lázaro Cárdenas

Evento/Rendimiento	Bajo (%)	Medio (%)	Alto (%)
Frecuencia baja			
Frecuencia Media	22.22	61.11	16.66
Frecuencia Alta	25.0	25.0	50.0

La Cuadro 109 se aprecia un 61.11% de obtener rendimientos medios con frecuencia media y en frecuencia alta un 50% de obtener rendimientos altos. A grandes rasgos, Lázaro Cárdenas muestra resultados de no ser vulnerable a los eventos de alta frecuencia de heladas.

5.3.14. Discusión los Resultados del Grado de Vulnerabilidad del Maíz de Temporal de la Región Oriente-Huamantla

En la región Oriente de Tlaxcala, compuesta por 13 municipios, se observó una variabilidad en la vulnerabilidad del maíz de temporal frente a eventos climáticos extremos como sequías y heladas. De estos municipios, solo tres Ixtenco, San José Teacalco y Tocatlán presentaron alta vulnerabilidad tanto a sequías como a heladas. En contraste, seis municipios como Atltzayanca, Cuapiaxtla, Xaloztoc, El Carmen Tequexquitla, Emiliano Zapata y Lázaro Cárdenas no mostraron vulnerabilidad significativa a estos fenómenos climáticos extremos.

Las sequías representan una amenaza para el rendimiento del maíz en varios municipios, debido al alto riesgo de obtener rendimientos bajos o enfrentar un desequilibrio en la producción agrícola. Los municipios más vulnerables a este fenómeno son Huamantla, Zitlaltepec, Ixtenco, San José Teacalco, Tocatlán y Terrenate. Por otro lado, algunos municipios han mostrado resiliencia frente a las sequías, manteniendo rendimientos medios o altos incluso en condiciones desfavorables como los son Atltzayanca, Cuapiaxtla, Xaloztoc, Tzompantepec, El Carmen Tequexquitla, Emiliano Zapata y Lázaro Cárdenas.

En cuanto a las heladas, este fenómeno afecta principalmente a los municipios donde ocurre con mayor frecuencia, impactando negativamente los rendimientos agrícolas. Los municipios identificados como vulnerables a las heladas son Ixtenco, San José Teacalco, Tocatlán y Tzompantepec. Por otra parte, la mayoría de los municipios analizados no presentan una vulnerabilidad significativa a este fenómeno, logrando mantener rendimientos estables en todas las frecuencias de ocurrencia. Estos municipios resilientes incluyen a Huamantla, Atltzayanca, Cuapiaxtla, Zitlaltepec, Terrenate, Xaloztoc, El Carmen Tequexquitla, Emiliano Zapata y Lázaro Cárdenas. La capacidad del maíz para desarrollar resistencia frente a condiciones adversas, ha sido destacada por diversos estudios.

Como se puede observar, los municipios de la misma región presentan diferentes niveles de vulnerabilidad. Esto podría explicarse por la adaptación que las semillas han desarrollado a lo largo de diversos periodos, lo que ha generado variaciones en su capacidad para enfrentar condiciones climáticas adversas.

Según Ruiz Corral et al. (2013), esta adaptación puede potenciarse mediante la identificación de regiones específicas del genoma que contienen genes o segmentos de ADN responsables de estas respuestas. En este trabajo proponen estrategias adicionales, como la creación de nuevas poblaciones y patrones heteróticos a partir de germoplasma nativo, considerando criterios de selección específicos. Entre estos criterios se incluyen la incorporación de genes relacionados con la tolerancia a sequías y altas temperaturas, así como la mejora de características agronómicas clave, como la resistencia, la optimización de la eficiencia fotosintética para generar mayor biomasa bajo temperaturas diurnas elevadas, y el mantenimiento de niveles reducidos de respiración nocturna.

Por su parte, Doebley (2004) describe que la adaptación del maíz a diferentes condiciones ambientales puede atribuirse a una combinación de factores genéticos y ambientales. La selección natural y artificial ha favorecido genes y combinaciones epistáticas que permiten al maíz prosperar en entornos desafiantes. Además, la variación genética presente en el teocintle ancestral, ancestro directo del maíz moderno, aún se conserva en algunas variedades actuales.

Esto explica por qué el maíz de temporal en la región Oriente-Huamantla no presenta vulnerabilidad en algunos municipios. Sin embargo, en los municipios vulnerables a estos eventos extremos climáticos puede deberse a la pérdida de la diversidad genética local, ya que las variedades tradicionales pudieron ser reemplazadas por semillas modernas más uniformes, pero menos resilientes o simplemente no adoptar la práctica de selección de semilla. Además, factores como la degradación del suelo, la falta de acceso a tecnología adecuada y prácticas agrícolas inadecuadas limitan la capacidad de respuesta de los campesinos ante condiciones adversas, exacerbando la vulnerabilidad del maíz de temporal en estos municipios.

5.4. Análisis de los Cuestionarios Aplicados en la Región Oriente-Huamantla del Estado de Tlaxcala

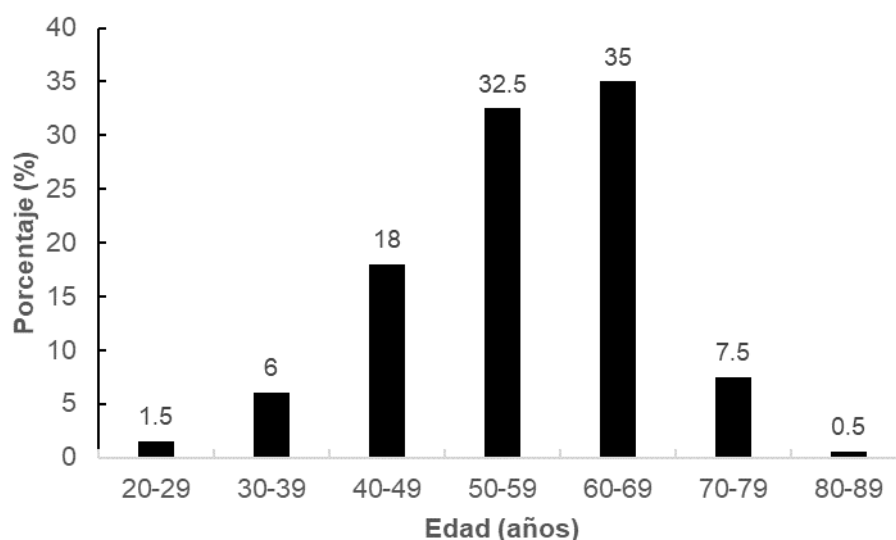
En este apartado, se presenta un análisis detallado de las respuestas obtenidas a través de la aplicación de los 200 cuestionarios, dirigidos a productores agrícolas de temporal de la región Oriente-Huamantla del estado de Tlaxcala.

5.4.1. Distribución Porcentual de los Productores Agrícolas Según Grupo de Edad

El grupo de edad más representativo corresponde a los campesinos de 60 a 69 años, con un 35% del total de respuestas. Este porcentaje refleja la presencia predominante de adultos mayores en las actividades agrícolas de la región, lo que está asociado con una mayor experiencia acumulada en el sector o con la transmisión intergeneracional de conocimientos. Le sigue el grupo de 50 a 59 años, con un 32.5%, lo que indica una continuidad en la participación de personas en edades maduras en la producción agrícola (Ilustración 57).

Ilustración 57.

Caracterización del porcentaje de edades de los campesinos seleccionados

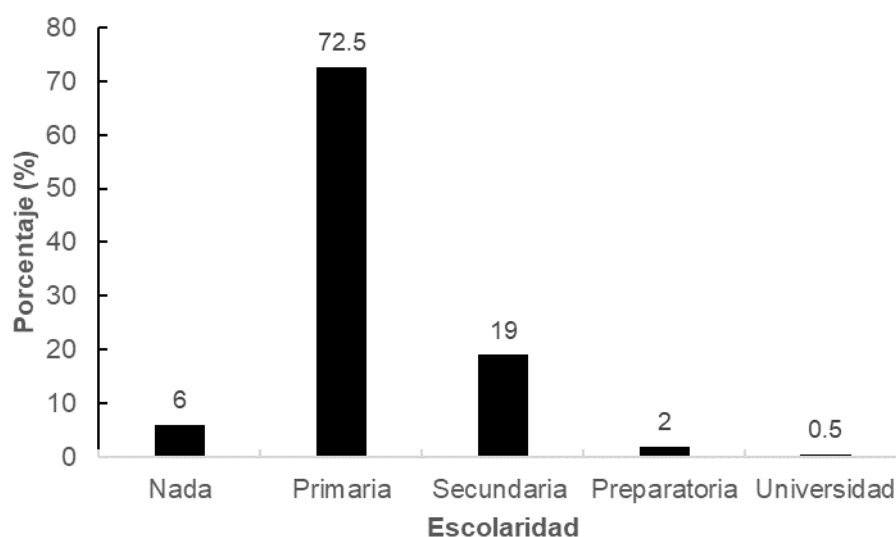


5.4.2. Distribución Porcentual del Nivel Académico de los Productores Agrícolas

El nivel educativo de los campesinos agrícolas muestra que la mayoría tiene estudios básicos o nulos. Un 72.5% alcanzó únicamente la primaria, mientras que un 19% completó la secundaria. Los niveles superiores están poco representados, solo un 2% cursó preparatoria y un 0.5% tiene estudios universitarios. Además, un 6% no cuenta con ningún grado de estudios formales (Ilustración 58).

Ilustración 58.

Caracterización del porcentaje del nivel de estudios de los campesinos seleccionados



5.4.3. Experiencia en Actividades Agrícolas

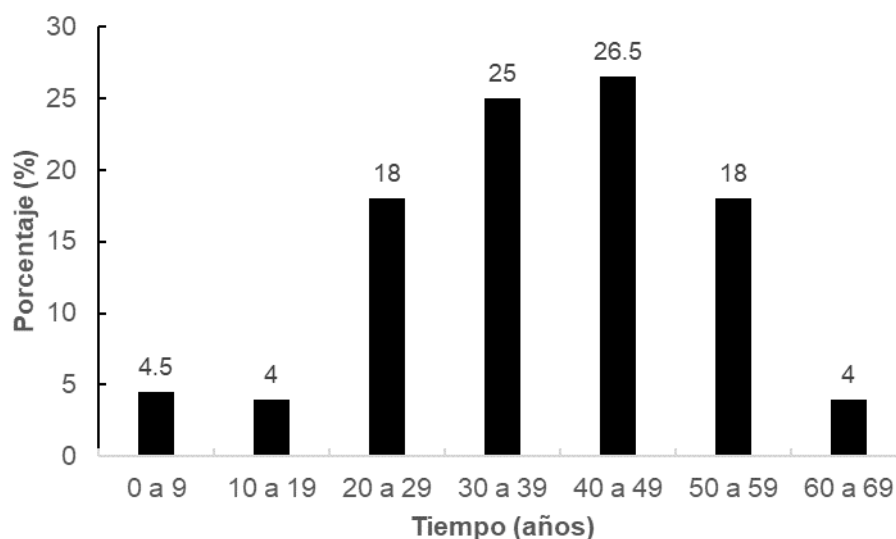
La mayoría de los campesinos cuenta con décadas de experiencia en el campo. Los rangos más representativos son 40 a 49 años con 26.5% y 30 a 39 años con 25%, lo que refleja un alto nivel de experiencia acumulada. Los grupos intermedios, como 20 a 29 años y de 50 a 59 cubren un 18%, también tienen una participación significativa.

Por el contrario, los rangos con menor experiencia presentan una baja representación, 0 a 9 años con un 4.5% y 10 a 19 años con 4%, indicando una escasa incorporación de personas con trayectorias recientes en la actividad

agrícola. Finalmente, un 4% tiene entre 60 y 69 años de experiencia, destacando la presencia de adultos mayores con una vida dedicada al campo (Ilustración 59).

Ilustración 59.

Caracterización del porcentaje de años trabajando el campo de los campesinos seleccionados



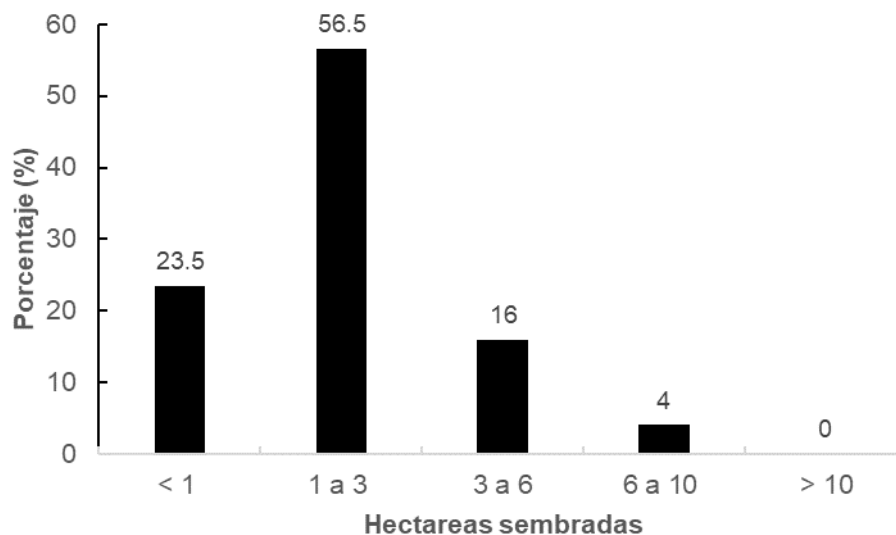
5.4.4. Superficie Sembrada

La cantidad de hectáreas sembradas muestra que la mayoría de los campesinos cultiva en superficies reducidas. Un 56.5% siembra entre 1 y 3 ha, mientras que un 23.5% trabaja en terrenos menores a 1 ha. En conjunto, estos dos grupos representan el 80% de los encuestados, lo que refleja la predominancia de pequeñas unidades de producción en la región.

Solo un 16% cultiva entre 3 y 6 ha, y un 4% siembra entre 6 y 10 ha. No se reportaron productores con más de 10 ha, lo que indica la ausencia de grandes extensiones agrícolas en la muestra estudiada (Ilustración 60).

Ilustración 60.

Caracterización del porcentaje de las hectáreas sembradas por los campesinos seleccionados

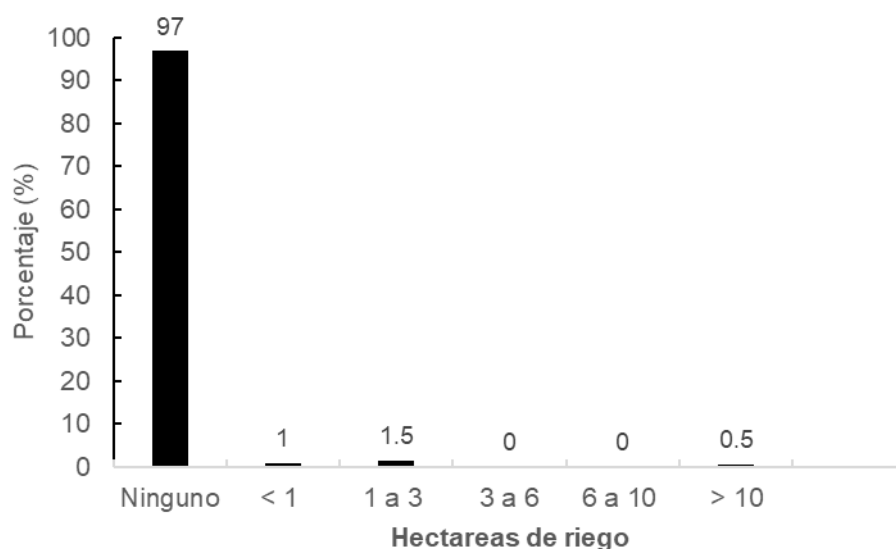


El porcentaje de hectáreas sembradas es el mismo que se siembran en condiciones de temporal. Mientras que en condiciones de riego la mayoría de los productores no tienen acceso a este recurso. Un 97% de los encuestados reportó no tener ninguna hectárea bajo riego, lo que refleja una dependencia absoluta del temporal para las actividades agrícolas.

Solo un 1% de los productores cultiva menos de 1 ha con riego, mientras que un 1.5% trabaja entre 1 y 3 ha bajo estas condiciones. Por otro lado, un 0.5% reportó más de 10 ha con riego, aunque no se registraron casos en los rangos intermedios de 3 a 6 o 6 a 10 ha (Ilustración 61).

Ilustración 61.

Caracterización del porcentaje de las hectáreas sembradas en condiciones de riego por los campesinos seleccionados



5.4.5. Distribución de los Gastos de Siembra

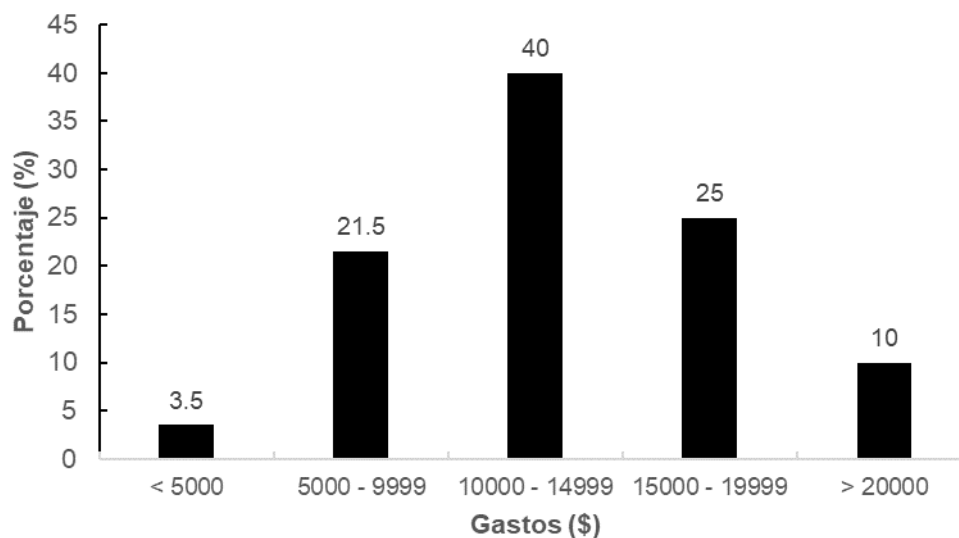
Respecto a los gastos de siembra, la mayoría de los campesinos realiza una inversión en sus actividades agrícolas. El rango más representativo es de 10,000 a 14,999 pesos, con un 40% del total de encuestados, seguido por quienes gastan entre 15,000 y 19,999 pesos, con un 25%. En conjunto, estos dos grupos concentran el 65% de los productores, lo que refleja una tendencia hacia inversiones intermedias.

Por otro lado, un 21.5% reportó gastos entre 5,000 y 9,999 pesos, mientras que solo un 3.5% invierte menos de 5,000 pesos. En el extremo superior, un 10% de los productores gasta más de 20,000 pesos, indicando una minoría con mayores recursos o necesidades de inversión.

El promedio de gasto de siembra se situó en 13,500 pesos, lo que coincide con la concentración de productores en los rangos intermedios. Estos datos sugieren que los costos de producción son significativos para la mayoría, lo que podría impactar su rentabilidad, especialmente en contextos de baja productividad o inestabilidad climática (Ilustración 62).

Ilustración 62.

Caracterización del porcentaje de gastos de siembra por los campesinos seleccionados

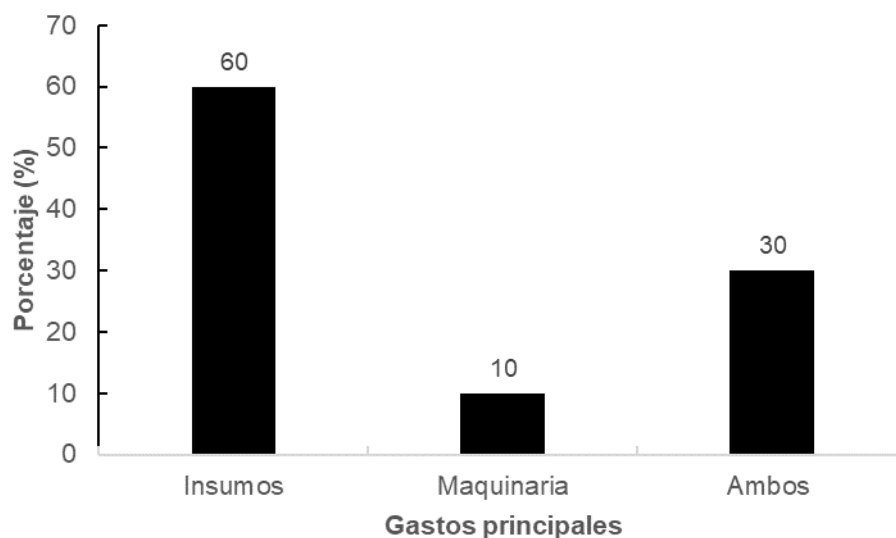


De esos gastos antes descritos la mayor parte del presupuesto se destina a la adquisición de insumos, con un 60% del total. Esto refleja la importancia de elementos como semillas, fertilizantes y plaguicidas en las actividades agrícolas.

Por otro lado, un 10% de los gastos se orienta exclusivamente a maquinaria, lo que indica una menor inversión en equipos o herramientas especializadas. Además, un 30% de los productores reportó que sus recursos se distribuyen entre ambos rubros, es decir, insumos y maquinaria (Ilustración 63).

Ilustración 63.

Caracterización del porcentaje de los principales gastos de siembra por los campesinos seleccionados

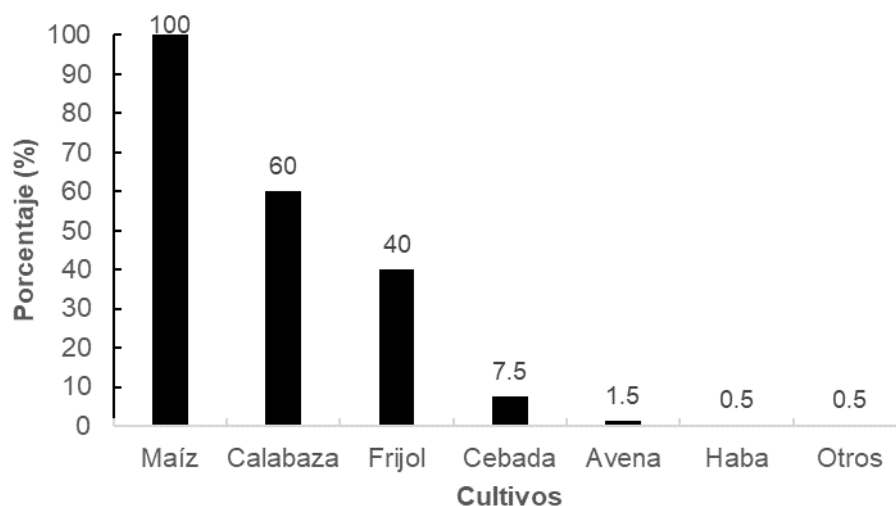


5.4.6. Principales Cultivos Sembrados

Se muestra que el maíz es el cultivo predominante, con un 100%, lo que refleja su importancia fundamental en la actividad agrícola de la región. Le sigue la calabaza, cultivada por el 60% de los productores, y el frijol, presente en el 40% de las parcelas. Estos tres cultivos conforman la base de la producción agrícola local. En menor proporción, se encuentran cultivos como la cebada con un 7.5%, la avena con 1.5% y el haba con 0.5%, así como otros cultivos que representan un 0.5% adicional. Estos datos evidencian una fuerte dependencia de los productores en cultivos tradicionales, especialmente el maíz (Ilustración 64).

Ilustración 64.

Caracterización del porcentaje de los principales cultivos sembrados por los campesinos seleccionados



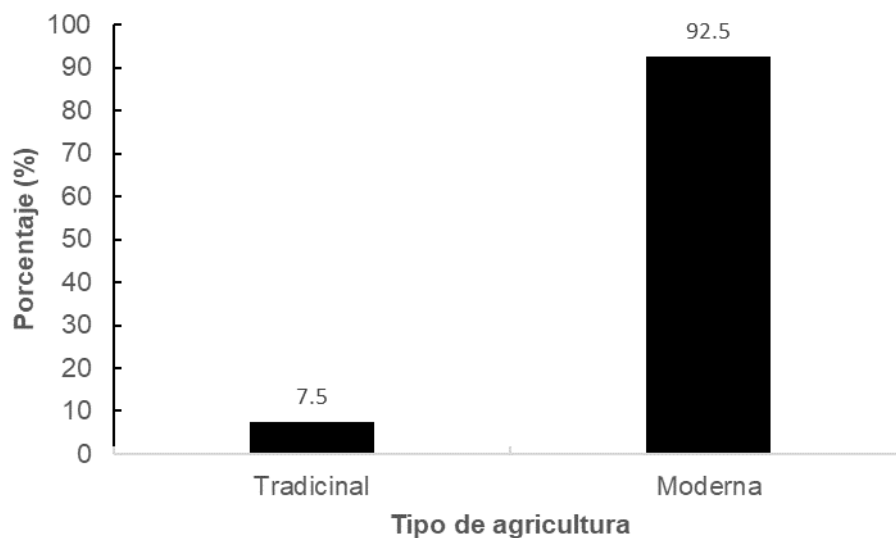
5.4.7. Forma de Agricultura Empleada

Las prácticas agrícolas muestran una clara predominancia de la agricultura moderna, adoptada por el 92.5% de los campesinos. Esto indica que la mayoría de los encuestados utiliza técnicas, herramientas o insumos avanzados, como fertilizantes químicos, semillas mejoradas o maquinaria especializada, para optimizar su producción.

Por otro lado, solo un 7.5% de los campesinos sigue practicando la agricultura tradicional, basada en métodos heredados como el uso de semillas nativas, preparación manual del terreno, rotación de cultivos y uso de abonos orgánicos menos dependientes de tecnologías externas. Este dato refleja una transición significativa hacia prácticas más intensivas en tecnología, aunque también podría señalar una pérdida progresiva de los conocimientos tradicionales (Ilustración 65).

Ilustración 65.

Caracterización del porcentaje de la forma de agricultura empleada por los campesinos seleccionados

**5.4.8. Rendimiento Obtenido del Maíz de Temporal**

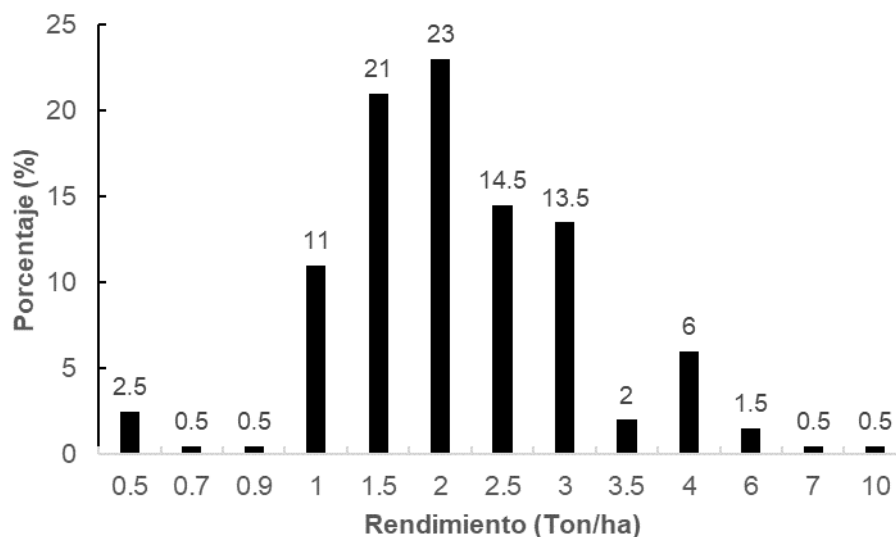
El rendimiento de los cultivos muestra una amplia variabilidad en los resultados obtenidos. La mayoría reporta rendimientos moderados, con un 23% alcanzando entre 2 t/ha, seguido por un 21% que obtiene 1.5 t/ha. Estos dos rangos concentran casi la mitad de los encuestados, lo que refleja que muchos productores se encuentran en un nivel intermedio de productividad.

Por otro lado, un 11% reportó rendimientos bajos de apenas 1 t/ha, mientras que rendimientos más altos, como 3 t con 13.5% o 4 t con 6%, son menos comunes. Los casos extremos, como rendimientos de 0.5 t solo un 2.5% o 10 t con 0.5%, son minoritarios y representan situaciones atípicas dentro de la muestra.

El promedio general de rendimiento fue de 2.25 t/ha, lo que coincide con la tendencia hacia rendimientos moderados y con los datos que marca SIAP en los resultados anteriores (Ilustración 66).

Ilustración 66.

Caracterización del porcentaje del rendimiento obtenido por los campesinos seleccionados



5.4.9. Rendimientos Obtenidos Años Anteriores

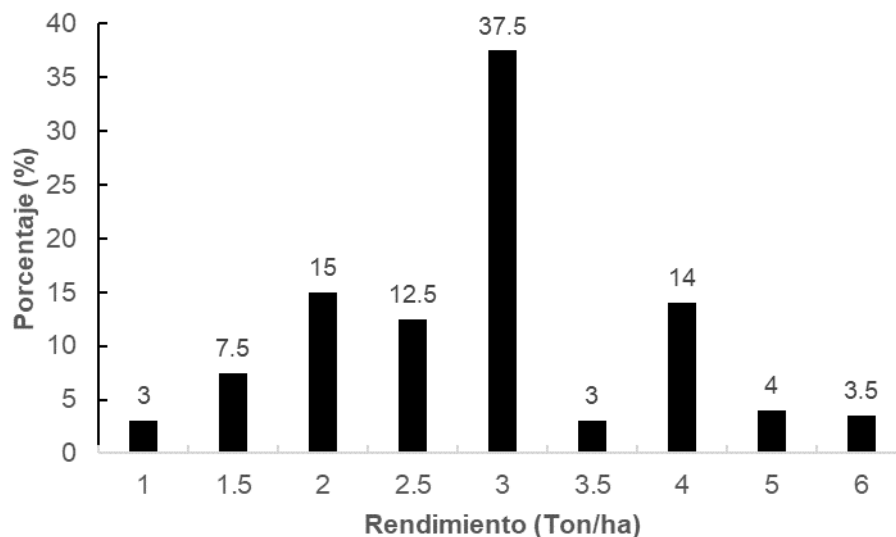
El rendimiento hace cinco años muestra que la mayoría de los campesinos lograba rendimientos más altos en comparación con la actualidad. El rango más representativo fue de 3 t/ha, reportado por un 37.5% de los encuestados, lo que indica que este era el nivel de productividad más común en ese período. Le siguen los rendimientos de 2 t mostrando 15% y 4 t un 14%, reflejando una distribución más equilibrada hacia niveles moderados y altos.

Por otro lado, rendimientos más bajos, como 1 t un 3% o 1.5 t con 7.5%, eran menos frecuentes, mientras que casos excepcionales, como 6 t un 3.5%, también se registraron, aunque en menor proporción.

El promedio general de rendimiento en ese período fue de 2.97 t/ha, significativamente superior al promedio actual de 2.25 t (Ilustración 67).

Ilustración 67.

Caracterización del porcentaje del rendimiento obtenido hace 5 años por los campesinos seleccionados



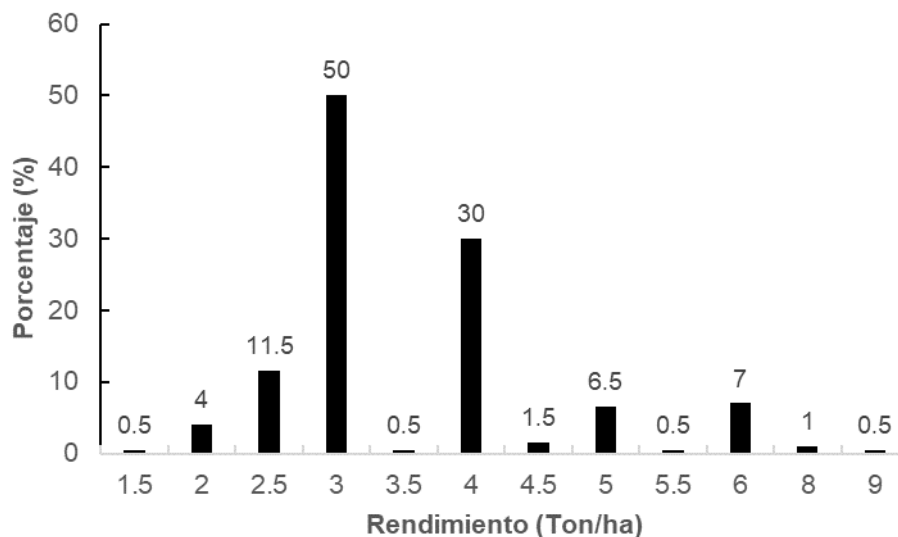
El rendimiento hace diez años revela que la productividad era significativamente mayor en comparación con los niveles actuales. El rango más predominante fue de 3 t/ha, reportado por un 50% de los productores, lo que indica que este era el nivel de rendimiento más común en ese período. Le siguen los rendimientos de 4 t con un 30%, reflejando una alta proporción de productores con niveles de productividad elevados.

Por otro lado, rendimientos más bajos, como 1.5 t con 0.5% o 2 t con 4%, eran poco frecuentes, mientras que casos excepcionales, como 6 t dan un 7% o incluso 9 t con 0.5%, también se registraron, aunque en menor proporción.

El promedio general de rendimiento en ese período fue de 3.82 t/ha, considerablemente superior al promedio actual de 2.25 t (Ilustración 68).

Ilustración 68.

Caracterización del porcentaje del rendimiento obtenido hace 10 años por los campesinos seleccionados



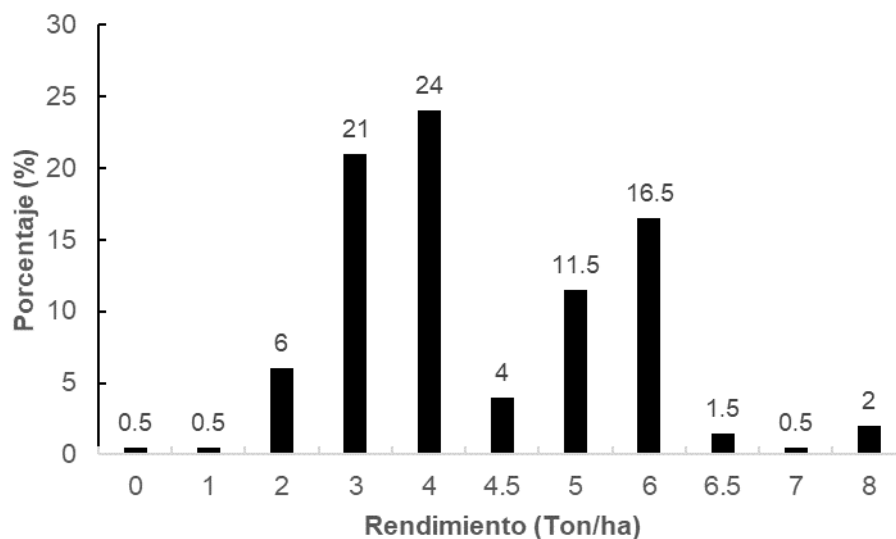
El rendimiento de los cultivos hace veinte años muestra que la productividad era aún más alta en comparación con los niveles actuales. Los rangos más representativos fueron de 4 t/ha con un 24% y 6 t/ha con un 16.5%, lo que indica que una proporción significativa de los productores lograba rendimientos elevados. Además, un 21% reportó rendimientos de 3 t, consolidando este nivel como otro punto común dentro de la distribución.

Por otro lado, rendimientos más bajos, como 0 t con un 0.5% o 1 t con un 0.5%, eran prácticamente inexistentes, mientras que casos excepcionales, como 8 t con un 2%.

El promedio general de rendimiento en ese período fue de 4.23 t/ha, considerablemente superior al promedio actual de 2.25 t (Ilustración 69).

Ilustración 69.

Caracterización del porcentaje del rendimiento obtenido hace 20 años por los campesinos seleccionados



5.4.10. Factores Climáticos

Los factores climáticos identificados por los campesinos señalan que la sequía es el principal desafío al que se enfrentan, reportada por un 53.42% de los encuestados. Este dato refleja la creciente escasez de agua y las dificultades asociadas con la dependencia del temporal, lo que impacta directamente en los rendimientos agrícolas.

En segundo lugar, las heladas representan otro factor crítico, mencionadas por un 28.85% de los productores. Este fenómeno puede dañar severamente los cultivos, especialmente en etapas tempranas de desarrollo, reduciendo aún más la productividad.

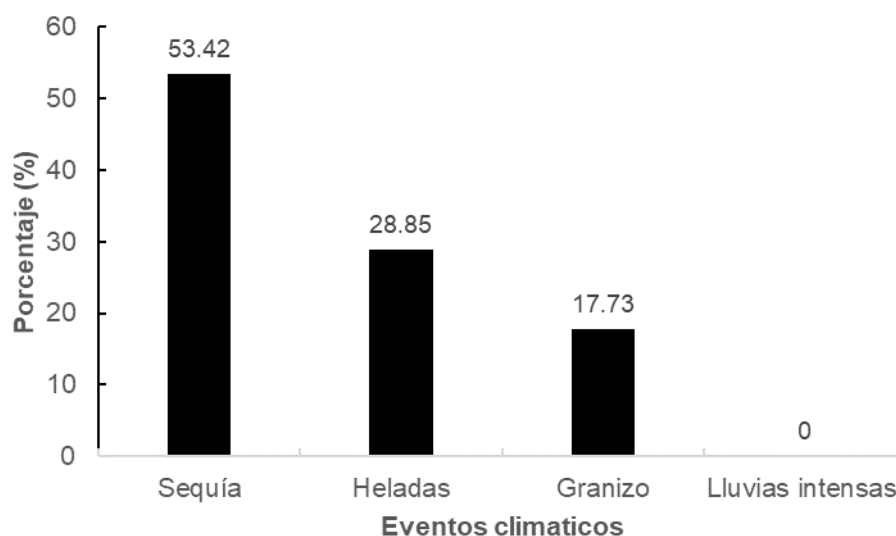
Por otro lado, el granizo fue señalado por un 17.73% de los encuestados como un problema recurrente. Aunque su incidencia es menor en comparación con la sequía y las heladas, este fenómeno puede causar daños significativos en cultivos ya establecidos, afectando tanto la calidad como la cantidad de la producción.

Curiosamente, las lluvias intensas no fueron reportadas como un factor climático problemático en la región, con un 0% de menciones. Esto sugiere que,

aunque la variabilidad climática es una preocupación importante, las lluvias excesivas no constituyen un riesgo significativo para los productores en el contexto actual (Ilustración 70).

Ilustración 70.

Caracterización del porcentaje de los factores climáticos por los campesinos seleccionados



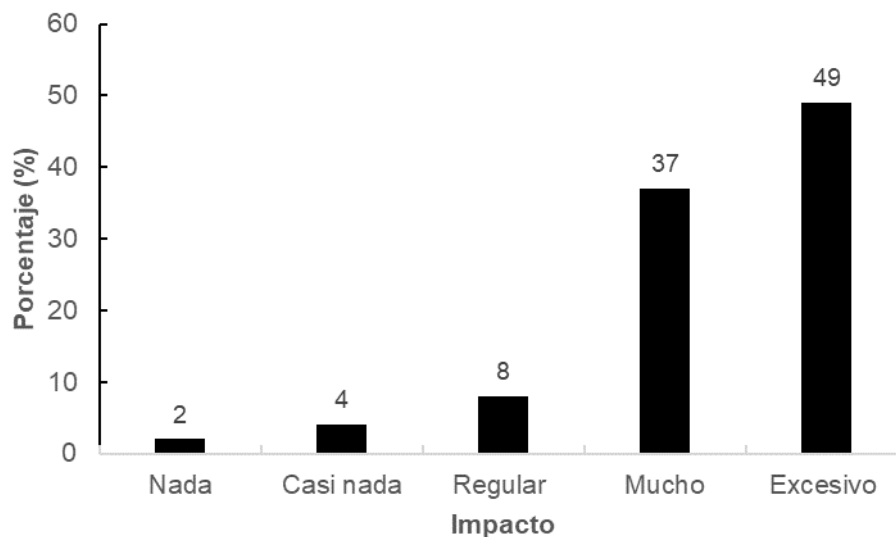
5.4.11. impacto de las Sequías

El impacto de las sequías muestra que este fenómeno climático tiene efectos devastadores para la mayoría de los campesinos agrícolas en la región. Un 49% de los encuestados considera que el impacto es excesivo, mientras que un 37% lo califica como mucho. En conjunto, estos dos grupos representan el 86% de los campesinos, lo que evidencia que las sequías son una amenaza crítica para la actividad agrícola.

Por otro lado, solo un 8% percibe el impacto como regular, y porcentajes mínimos, como 4% y 2%, lo consideran casi nada o nada, respectivamente (Ilustración 71).

Ilustración 71.

Caracterización del porcentaje del impacto de la sequía por los campesinos seleccionados



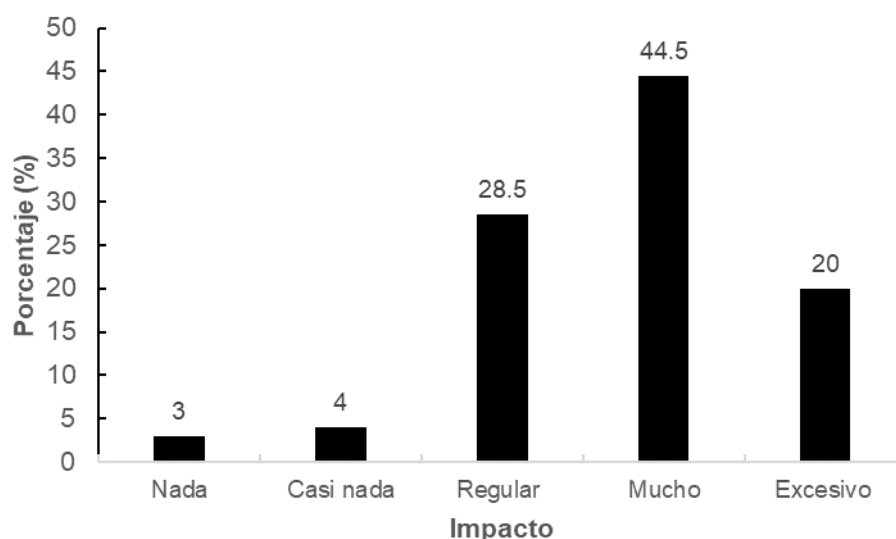
5.4.12. Impacto de las Heladas

Las heladas muestran que este fenómeno climático tiene efectos fuertes para los campesinos. Un 44.5% de los encuestados considera que el impacto es mucho, mientras que un 20% lo califica como excesivo. En conjunto, estos dos grupos representan el 64.5% de los productores, lo que refleja que las heladas son una amenaza importante para los cultivos, especialmente en etapas críticas como la germinación o floración.

Por otro lado, un 28.5% percibe el impacto como regular, indicando que, aunque las heladas afectan su producción, sus efectos no son tan devastadores en comparación con otros factores climáticos. Finalmente, porcentajes mínimos, como 4% y 3%, reportaron que el impacto es casi nada o nada, respectivamente, lo que sugiere que estas heladas no afectan a todos los productores por igual (Ilustración 72).

Ilustración 72.

Caracterización del porcentaje del impacto de las heladas por los campesinos seleccionados

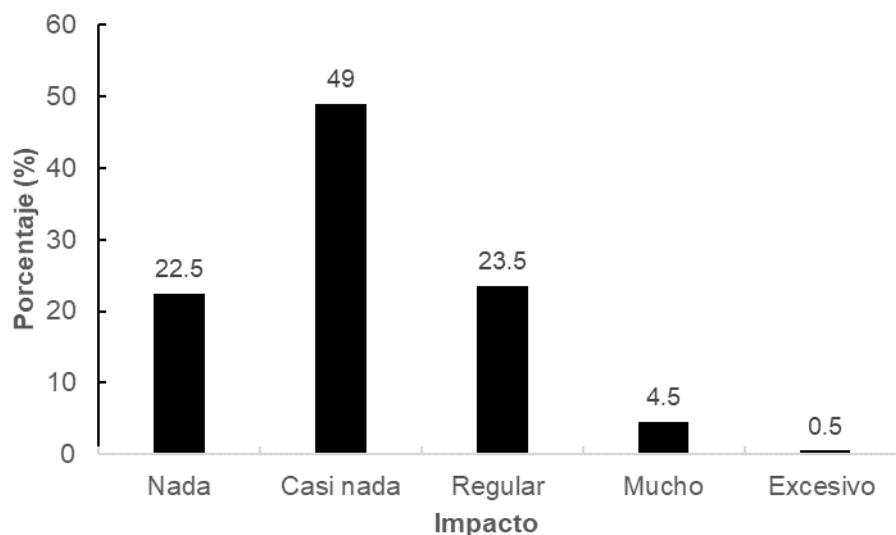
**5.4.13. Impacto de las Lluvias Intensas**

Las lluvias intensas muestran que este fenómeno climático tiene una influencia relativamente baja en comparación con otros factores como la sequía o las heladas. Un 49% considera que el impacto es casi nada, mientras que un 22.5% lo percibe como nada. En conjunto, estos dos grupos representan el 71.5% de los encuestados, lo que indica que, para la mayoría de los productores, las lluvias intensas no constituyen una amenaza significativa.

Por otro lado, un 23.5% reportó que el impacto es regular, sugiriendo que, aunque las lluvias intensas afectan en cierta medida, sus efectos no son generalizados ni severos. Solo un 4.5% consideró el impacto como mucho, y un mínimo de 0.5% lo calificó como excesivo (Ilustración 73).

Ilustración 73.

Caracterización del porcentaje del impacto de las lluvias torrenciales por los campesinos seleccionados

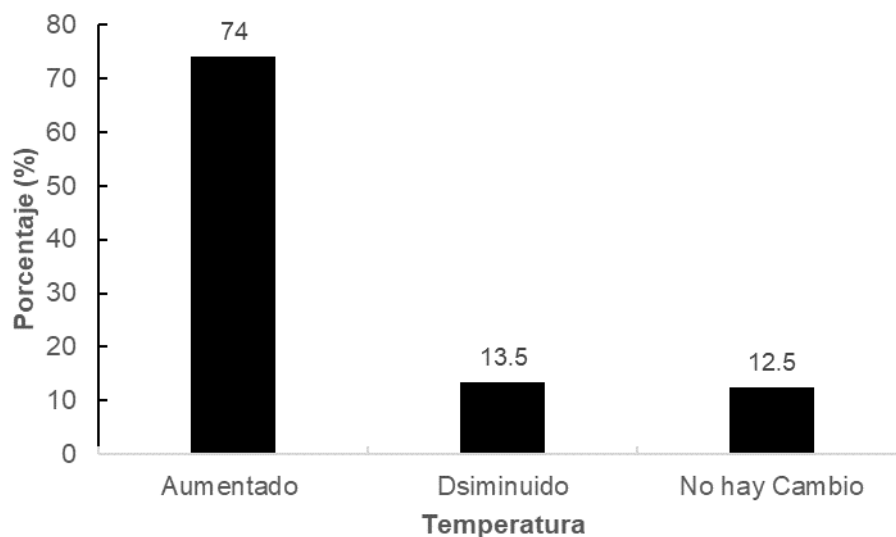


5.4.14. Cambio de Temperatura

La percepción de los campesinos respecto al cambio de temperatura describe que la mayoría ha notado un aumento significativo en las temperaturas. Según los datos, un 74% de los encuestados reportó que las temperaturas han aumentado, lo que indica una tendencia climática preocupante que afecta directamente las actividades agrícolas. Por otro lado, solo un 13.5% percibió una disminución en las temperaturas, mientras que un 12.5% consideró que no ha habido cambios significativos (Ilustración 74).

Ilustración 74.

Caracterización del porcentaje del cambio de temperatura por los campesinos seleccionados



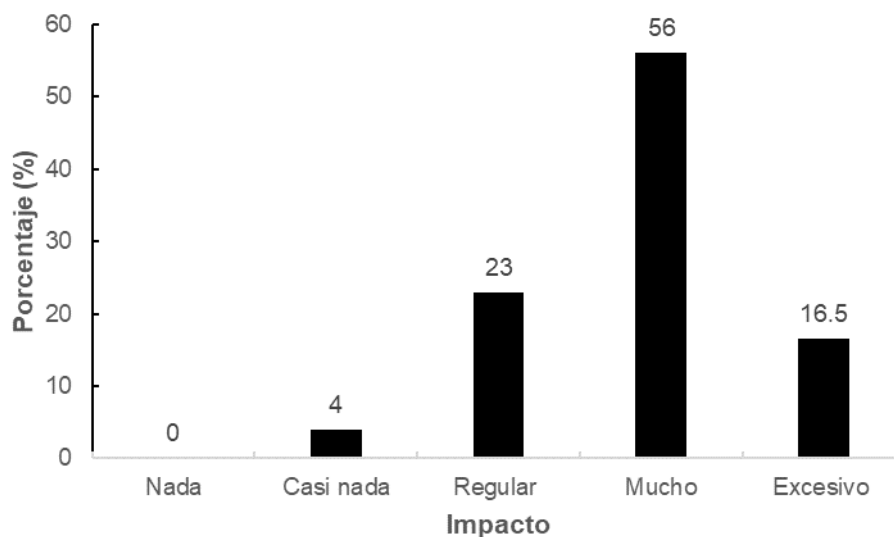
5.4.15. Impacto del Clima en la Producción del Maíz

El impacto del clima en la producción de maíz indica que este cultivo es altamente vulnerable a las condiciones climáticas adversas. Un 56% de los campesinos considera que el impacto es mucho, mientras que un 16.5% lo califica como excesivo. En conjunto, estos dos grupos representan más del 72.5% de los encuestados, lo que marca la magnitud del desafío que enfrentan.

Por otro lado, un 23% percibe el impacto como regular, indicando que, aunque las condiciones climáticas afectan su producción, sus efectos no son tan severos en comparación con otros campesinos. Solo un 4% reportó que el impacto es casi nada, y ningún encuestado consideró que el clima no tiene ningún efecto 0% en la categoría Nada (Ilustración 75).

Ilustración 75.

Caracterización del porcentaje del impacto del clima en la producción del maíz por los campesinos seleccionados

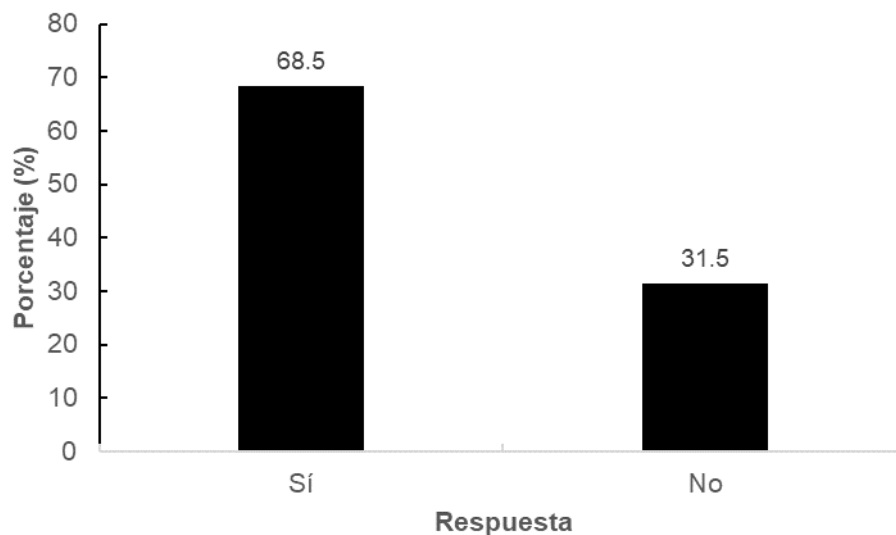


5.4.16. Apoyo Recibido

El apoyo recibido por los campesinos muestra que un 68.5% de los encuestados reportó haber recibido algún tipo de ayuda para sus actividades agrícolas. Entre los programas mencionados destacan iniciativas como Procampo, Sembrando Vida y subsidios para la adquisición de fertilizantes. Por otro lado, un 31.5% de los productores indicó no haber recibido ningún tipo de apoyo (Ilustración 76).

Ilustración 76.

Caracterización del porcentaje de apoyo recibido por los campesinos seleccionados

**5.4.17. Conocimiento del Uso de Cañones Antigranizo**

El conocimiento de los campesinos sobre el uso de cañones antigranizo señala que una mayoría significativa, 61%, desconoce su funcionamiento o aplicación. Esto indica que este tipo de tecnología no es ampliamente conocida o utilizada en la región, lo que podría limitar las opciones disponibles para mitigar los daños causados por el granizo.

Por otro lado, un 39% de los encuestados reportó tener conocimiento sobre los cañones antigranizo (Ilustración 77).

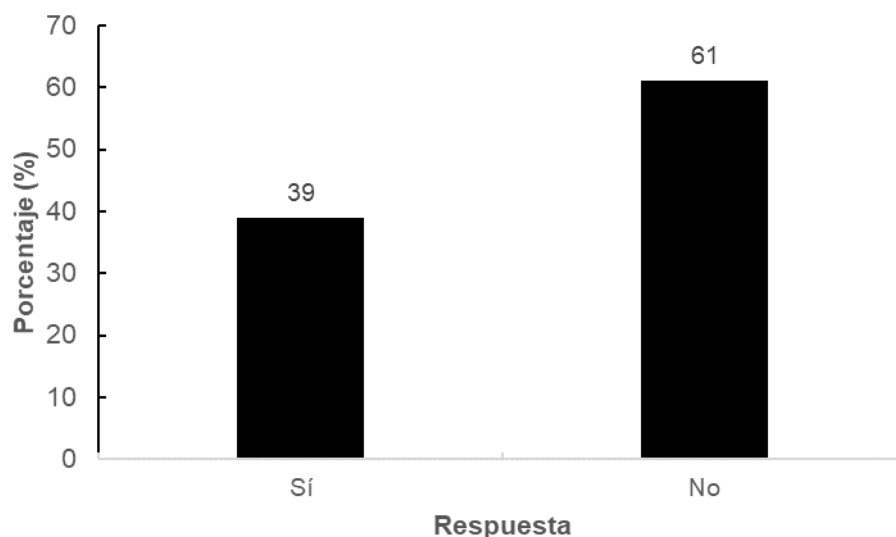
Aunque solo un 39% reportó tener conocimiento sobre el uso de cañones antigranizo, las respuestas de este grupo revelaron preocupaciones importantes. Los campesinos que están familiarizados con esta tecnología señalaron que su uso está principalmente en manos de grandes empresas de la región, como Audi “empresa automotriz” y otros sectores agrícolas intensivos, como los freseros, durazneros y agricultores de riego.

Sin embargo, los productores también expresaron su preocupación por los efectos negativos que estos dispositivos podrían tener sobre el clima local. En particular, mencionaron que el uso de cañones antigranizo podría estar contribuyendo a una reducción en las precipitaciones, exacerbando problemas como la sequía.

Ante esta situación, los encuestados coincidieron en la necesidad de establecer regulaciones claras sobre el uso de esta tecnología.

Ilustración 77.

Caracterización del porcentaje del conocimiento del uso de cañones antigranizo por los campesinos seleccionados



5.4.18. Tecnología Usada

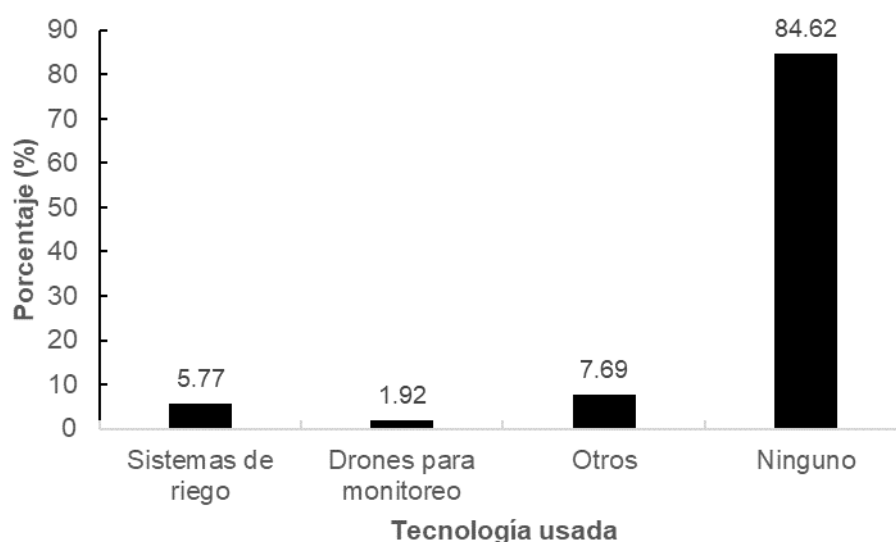
El uso de tecnología entre los productores agrícolas describe que la mayoría enfrenta una notable falta de acceso o adopción de herramientas tecnológicas modernas. Un 84.62% de los encuestados reportó no utilizar ningún tipo de tecnología avanzada en sus actividades agrícolas, lo que refleja una dependencia predominante de métodos tradicionales y manuales.

Entre quienes sí emplean tecnología, las opciones más mencionadas fueron los sistemas de riego, utilizados por un 5.77%. Esto indica que, aunque en proporciones reducidas, algunos campesinos han adoptado por herramientas para mejorar la eficiencia en el uso del agua. Por otro lado, solo un 1.92% utiliza drones para monitoreo.

Además, un 7.69% mencionó el uso de otras tecnologías no especificadas, lo que podría incluir herramientas como tractores modernos, sistemas de información climática o aplicaciones móviles para la gestión agrícola (Ilustración 78).

Ilustración 78.

Caracterización del porcentaje del uso de tecnología por los campesinos seleccionados



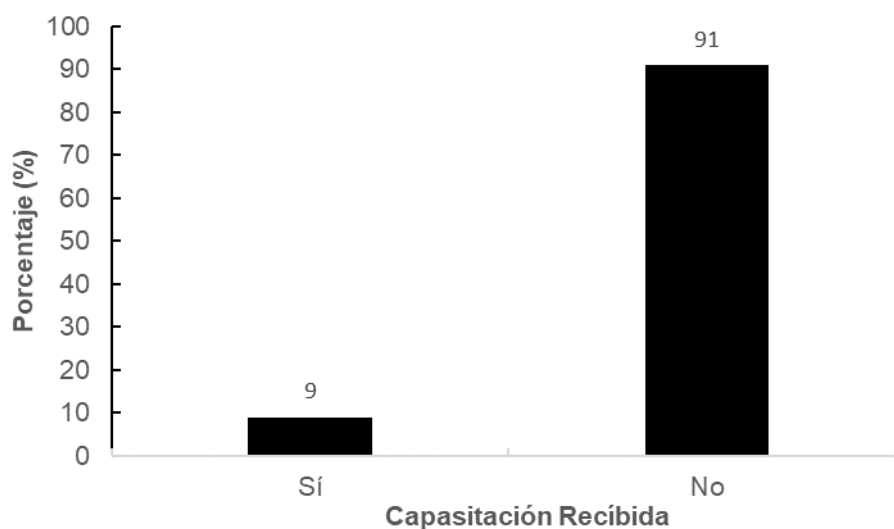
5.4.19. Capacitaciones Recibidas

Las capacitaciones recibidas por los productores muestran que solo un 9% de los encuestados ha tenido acceso a algún tipo de formación o entrenamiento relacionado con la actividad agrícola. Este porcentaje alarmantemente bajo refleja una falta generalizada de oportunidades para adquirir conocimientos técnicos actualizados sobre prácticas agrícolas modernas, manejo de recursos naturales o adaptación al cambio climático.

Por otro lado, un abrumador 91% reportó no haber recibido ninguna capacitación. Esta cifra evidencia una brecha significativa en el acceso a formación técnica, lo que limita la capacidad de los campesinos para mejorar su productividad, adoptar tecnologías innovadoras o implementar prácticas sostenibles que mitiguen los efectos de la variabilidad climática (Ilustración 79).

Ilustración 79.

Caracterización del porcentaje del uso de tecnología por los campesinos seleccionados



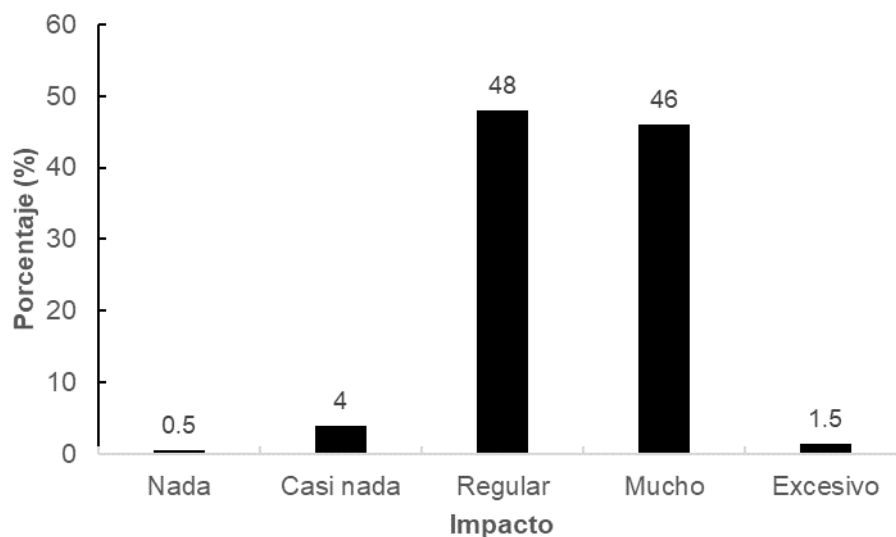
5.4.20. Impacto de las Plagas

El impacto de las plagas revela que un 46% de los encuestados considera que el impacto de las plagas es mucho, mientras que un 1.5% lo califica como excesivo. En conjunto, estos dos grupos representan casi la mitad de los encuestados, lo que subraya la magnitud del problema.

Además, un 48% percibe el impacto como regular, indicando que, aunque las plagas no siempre causan daños severos, su presencia es constante y afecta significativamente la producción. Solo un 4% reportó que el impacto es casi nada, y un mínimo de 0.5% consideró que no tienen ningún efecto (Ilustración 80).

Ilustración 80.

Caracterización del porcentaje del impacto de plagas por los campesinos seleccionados



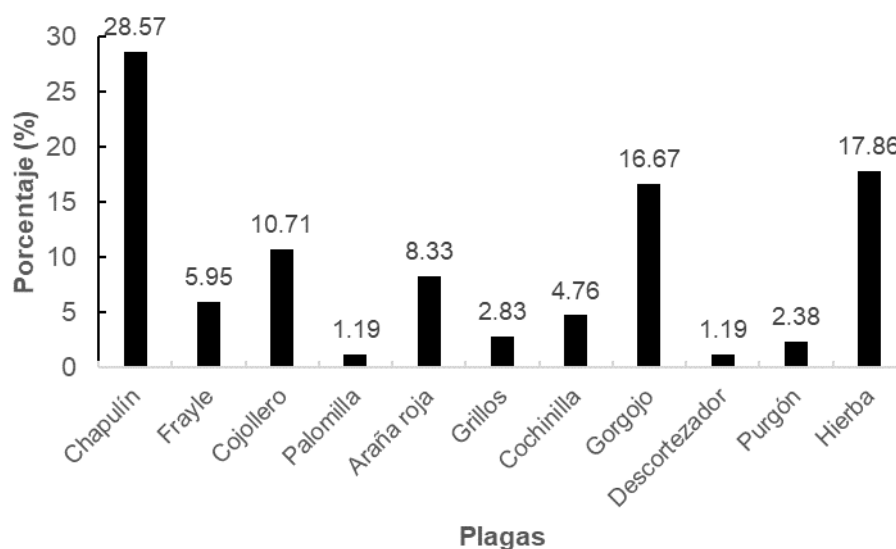
5.4.21. Principales Plagas

Las plagas identificadas por los campesinos describen una amplia diversidad de especies que impactan negativamente los cultivos. El chapulín es la plaga más reportada, mencionada por un 28.57% de los encuestados, lo que subraya su prevalencia y el daño significativo que causa en los campos. Le sigue el gorgojo, con un 16.67%, y la hierba, con un 17.86%, ambas consideradas amenazas importantes para la productividad agrícola.

Otras plagas como el cojollero tuvieron 10.71% y la araña roja con 8.33% también son frecuentes, aunque en menor proporción. Plagas menos comunes, como el frayle con 5.95%, la cochinilla con 4.76%, los grillos un 2.83%, la palomilla 1.19%, el descortezador 1.19% y el purgón con 2.38%, completan el panorama de problemas fitosanitarios enfrentados por los productores (Ilustración 81).

Ilustración 81.

Caracterización del porcentaje del impacto de plagas por los campesinos seleccionados



5.4.22. Control de Plagas

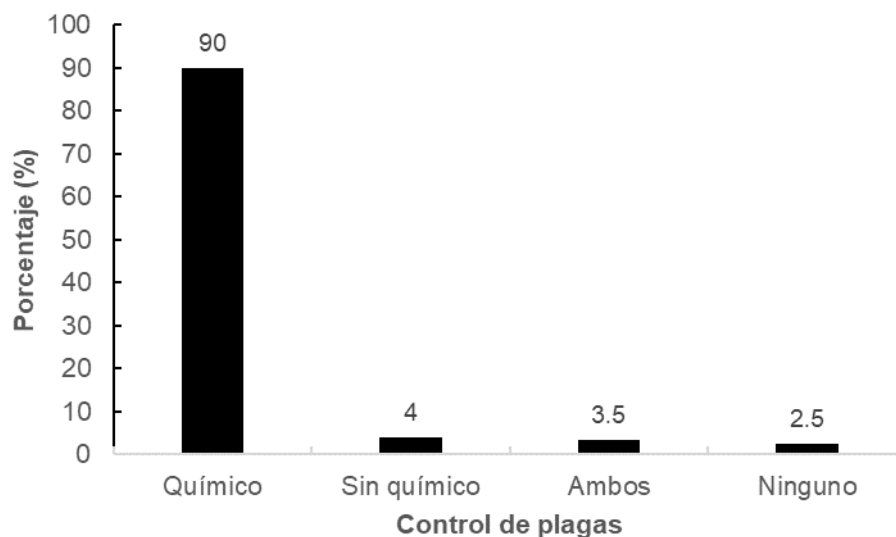
Los métodos de control de plagas muestran una clara preferencia por el uso de productos químicos como principal estrategia para combatir este problema. Un 90% de los encuestados reportó utilizar exclusivamente métodos químicos, lo que refleja la dependencia generalizada de pesticidas y otros insumos químicos para proteger sus cultivos.

Por otro lado, solo un 4% utiliza métodos sin químicos, como controles biológicos o prácticas culturales. Además, un 3.5% combina ambos enfoques químico y no químico, lo que indica que hay un pequeño grupo que intenta adoptar prácticas más equilibradas y sostenibles. Sin embargo, estas alternativas aún son minoritarias y poco extendidas entre los campesinos.

Solo un 2.5% de los encuestados declaró que no realizan ningún tipo de control de plagas, lo que podría estar perjudicando y aumentando las pérdidas en sus cultivos (Ilustración 82).

Ilustración 82.

Caracterización del porcentaje del control de plagas por los campesinos seleccionados



5.4.23. Precepción Acerca del Futuro de la Agricultura

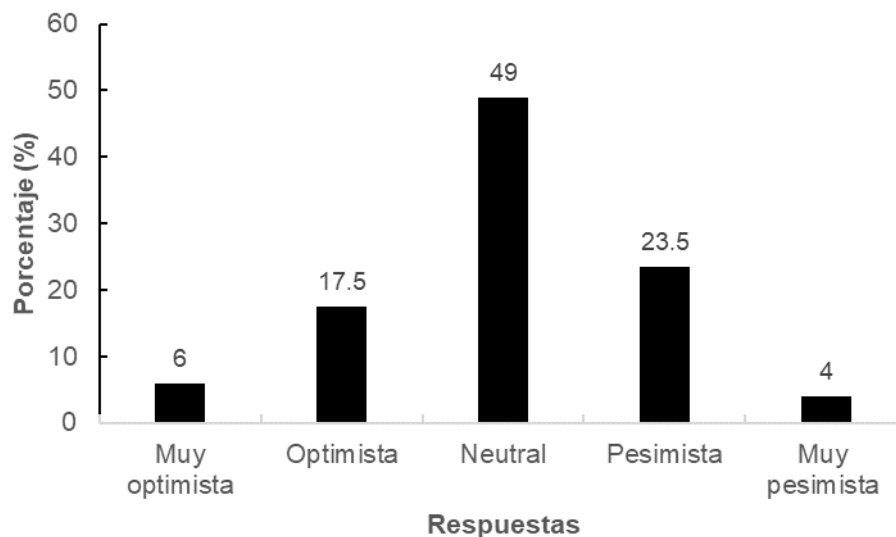
La percepción de los campesinos acerca del futuro de la agricultura señala una tendencia predominantemente cauta y dividida. La mayoría de los encuestados, un 49%, se muestra neutral, lo que sugiere que no tienen una visión clara o definida sobre si las condiciones mejorarán o empeorarán en los próximos años.

Por otro lado, un 23.5% tiene una visión pesimista, mientras que un 4% se considera muy pesimista. En conjunto, estos grupos representan más de un cuarto de los encuestados, lo que indica que una proporción significativa percibe serias dificultades para el sector agrícola en el futuro. Estas preocupaciones podrían estar relacionadas con factores como la escasez de agua, el aumento de plagas, la pérdida de fertilidad del suelo y la falta de acceso a tecnología e insumos.

En contraste, solo un 6% se muestra muy optimista, y un 17.5% expresa una visión optimista sobre el futuro de la agricultura de temporal. Estos porcentajes más bajos sugieren que las expectativas positivas son limitadas (Ilustración 83).

Ilustración 83.

Caracterización del porcentaje del futuro de la agricultura por los campesinos seleccionados



Cuando se les preguntó sobre los cambios que consideran necesarios para fortalecer el sector agrícola, los campesinos destacaron una serie de propuestas enfocadas en mejorar tanto sus condiciones de trabajo como el entorno ambiental. Entre las respuestas más recurrentes se mencionó la necesidad de un mayor apoyo económico por parte del gobierno, lo cual podría incluir subsidios, financiamiento accesible o incentivos para adquirir insumos y tecnología. Este planteamiento refleja las dificultades económicas que enfrentan muchos para sostener sus actividades agrícolas.

Otro punto ampliamente mencionado fue la importancia de las capacitaciones. Los campesinos expresaron su interés en recibir formación técnica sobre prácticas agrícolas modernas, manejo sostenible de recursos y adaptación al cambio climático. Esto subraya la necesidad de programas educativos que les permitan mejorar su productividad y resiliencia frente a los desafíos actuales.

Además, varios de ellos destacaron la relevancia de cuidar más el ambiente, promoviendo prácticas que protejan los recursos naturales, como el suelo y el agua, y reduzcan el impacto negativo de la actividad agrícola.

5.4.24. Discusión del Análisis de los Resultados de los Cuestionarios Aplicados de la Región Oriente-Huamantla

La información antes mencionada presenta un gran parecido y múltiples similitudes con lo expuesto por Orozco Bolaños et al (2019), particularmente en cuanto a los desafíos enfrentados por los campesinos. Ambos resultados coinciden en que son adultos mayores, lo que plantea un problema estructural relacionado con la transición generacional. Según Orozco Bolaños et al (2019), este fenómeno pone en riesgo la continuidad de la producción agrícola tradicional, especialmente en cultivos como el maíz, ya que las nuevas generaciones migran hacia actividades urbanas y no se transmiten los conocimientos empíricos asociados al clima y la agricultura. Además, ambas investigaciones destacan la sequía como el principal desafío climático, lo que subraya su impacto devastador en la producción agrícola.

Ambos estudios muestran la importancia de implementar políticas públicas que aborden la vulnerabilidad climática y mejoren la productividad. De igual forma, ambas investigaciones coinciden en que el bajo nivel educativo y la falta de capacitación técnica son barreras significativas para la adopción de prácticas agrícolas modernas.

Los datos de esta investigación reflejan una dependencia casi absoluta de insumos químicos, Orozco Bolaños et al (2019) muestra un esfuerzo por adoptar prácticas más sostenibles, como el uso de abono orgánico y semillas nativas resistentes. Esto podría deberse a diferencias regionales o en la conciencia ambiental entre las dos muestras.

La investigación de Lazos Chavero (2014) y los datos de esta investigación presentan similitudes significativas, como la importancia del chapulín como plaga predominante y la fuerte dependencia de productos químicos para su control. En ambos casos, el uso intensivo de insumos químicos refleja una práctica agrícola convencional que prioriza soluciones rápidas, pero puede comprometer la sostenibilidad a largo plazo. Además, los costos elevados asociados a insumos y la limitada inversión en maquinaria subrayan las restricciones económicas que enfrentan los campesinos.

Sin embargo, también hay diferencias significativas. En este estudio, plagas como el chapulín, el gorgojo y la hierba son amenazas importantes, mientras que en Lazos Chavero destacan el frailecillo y la araña roja, con menor relevancia en el contexto. Esto sugiere variaciones regionales en las especies de plagas presentes. Asimismo, la falta de adopción de prácticas alternativas es más pronunciada en esta investigación, donde solo un 4% utiliza métodos sin químicos y un 2.5% no realiza ningún control de plagas, aumentando la vulnerabilidad de los campesinos.

Algo importante de señalar de la información obtenida es que el agronegocio se ha instalado en el campo agrícola de la región Oriente-Huamantla, generando un proceso de desterritorialización y volviendo a los campesinos codependientes de los agroquímicos y la maquinaria pesada. La mayoría de ellos practican una agricultura moderna, caracterizada por el uso de fertilizantes y plaguicidas químicos. Sin embargo, esta dependencia no solo deteriora el medio ambiente, sino que también representa una carga económica considerable para los campesinos, quienes enfrentan costos elevados en insumos, renta de maquinaria y mantenimiento de sus cultivos.

Felipe Giraldo (2018) señala que los agroquímicos han degradado la fertilidad de la tierra en un 500% en los últimos 50 años, además de eliminar a los polinizadores, cuya función es esencial para el equilibrio ecológico. La maquinaria agrícola, por su parte, contribuye a la compactación del suelo y al incremento de la contaminación. De igual manera, este autor destaca que el agroextractivismo es responsable del 10% al 12% de las emisiones globales que contribuyen al calentamiento global.

Esta información evidencia que el modelo agroextractivista no solo transforma el territorio y las prácticas agrícolas, sino que también precariza las condiciones de producción de los campesinos, quienes deben hacer frente a un sistema cada vez más costoso y ambientalmente insostenible. La dependencia no solo deteriora el ambiente, sino que también vuelve a los campesinos vulnerables a la volatilidad de los precios de estos insumos, encareciendo aún más su actividad y limitando su autonomía productiva generando un abandono del campo.

5.5. Análisis de la Percepción de los Campesinos de la Región Oriente-Huamantla del Estado de Tlaxcala

La información presente fue obtenida mediante reuniones organizadas con los comisariados de diferentes municipios, donde se llevaron a cabo charlas grupales con campesinos para discutir en detalle los principales problemas que enfrentan al sembrar maíz en relación con la variabilidad climática. Estas reuniones permitieron recopilar una amplia gama de perspectivas y experiencias directas de los campesinos, proporcionando una comprensión profunda de cómo los cambios climáticos afectan sus prácticas agrícolas.

En estas reuniones se abordaron temas referentes a los principales problemas que enfrentan en sus parcelas, como cambios en las condiciones climáticas, incluyendo heladas, lluvias menos frecuentes o más intensas, un aumento en las sequías, todos los cuales han afectado la producción de maíz en los últimos años. También, se abordó el problema de las plagas que más les afectan y cómo creen que estas están relacionadas con las variaciones climáticas, como sequías, lluvias intensas. Se discutieron el retraso de las lluvias en los últimos años y cómo han notado un aumento en las temperaturas, ambos factores que han impactado negativamente la producción de maíz. Se compararon los rendimientos actuales de maíz en toneladas por hectárea con los de años anteriores, se preguntó si han recibido algún tipo de apoyo o asistencia técnica para mejorar la adaptación y los rendimientos frente a la vulnerabilidad climática. Finalmente, también discutieron los tipos de maíz que siembran y otros problemas a los que se enfrentan los cuales se describen a continuación.

5.5.1. Ignacio Zaragoza Huamantla

Los campesinos enfrentan diversos problemas al cultivar maíz en sus parcelas. Entre los principales problemas climáticos destacan las prolongadas sequías. Además, mencionan dificultades adicionales como el pastoreo, el robo y el alto costo de los insumos, lo que incrementa su dependencia de estos.

En cuanto a los cambios en las condiciones climáticas, se ha percibido un notable aumento en las sequías, un incremento en las temperaturas y una

disminución de las heladas. También han observado un aumento en la intensidad del viento.

Las plagas más problemáticas para ellos son el chapulín, el gusano trozador y el picudo, este último también perjudicando los magueyes. Específicamente, la plaga del chapulín tiende a proliferar con las lluvias intensas.

Las lluvias, que antes permitían sembrar en marzo, ahora se han retrasado considerablemente, llevando a los campesinos a sembrar en junio o julio, con un retardo de 3 a 4 meses.

El aumento de la temperatura ha sido significativo, afectando negativamente la producción de maíz. En los últimos tres años, han observado un problema de pudrición del maíz, que asocian tanto con el aumento de temperatura como con el uso de semillas híbridas.

Desde la llegada de la empresa Audi, se ha señalado que el problema del bombardeo a las nubes, especialmente notable en junio con la quema de fuegos pirotécnicos, ha exacerbado la sequía inducida. Este factor, junto con la variabilidad climática natural, ha afectado directamente la producción de maíz de temporal.

En términos de rendimiento, actualmente obtienen entre 200 y 400 kilogramos de maíz por hectárea (kg/ha), una drástica disminución comparada con las 3 a 4 t/ha que cosechaban hace cuatro años.

A pesar de estos desafíos, solo unos pocos han recibido apoyo o asistencia técnica para mejorar la adaptación y los rendimientos de sus cultivos frente a la vulnerabilidad climática. Finalmente, mencionan que el tipo de maíz que siembran es criollo.

Ilustración 84.

Reunión con los campesinos de Ignacio Zaragoza Huamantla



5.5.2. Atltzayanca

Los campesinos identifican la sequía como el principal problema al cultivar maíz, seguido de plagas que son muy perjudiciales para el cultivo. Entre las plagas más dañinas mencionan el chapulín, el gusano cogollero, el picudo y el fraile. Se cree que el chapulín aparece con mayor frecuencia durante las sequías.

En cuanto a los cambios climáticos, han notado un incremento en los periodos de sequía y en las temperaturas, mientras que la frecuencia de heladas se mantiene igual. Este aumento drástico en la temperatura es uno de los cambios más significativos y ha afectado considerablemente la producción de maíz, junto con las sequías.

El retraso en las lluvias también ha sido notable; anteriormente se sembraba en marzo o abril, pero ahora las siembras se realizan alrededor de mayo o junio. Este cambio en el calendario agrícola ha impactado negativamente las cosechas.

Desde hace aproximadamente 7 a 10 años, enfrentan el problema del bombardeo a las nubes por parte de las empresas, lo que ha exacerbado las dificultades relacionadas con la sequía. Esta intervención ha contribuido a la reducción de las cosechas, ya que actualmente no cosechan toneladas sino kilos de maíz, en contraste con las 4 t/ha que lograban hace 10 años.

A pesar de estos desafíos, mencionan que no han recibido apoyo ni asistencia técnica para mejorar la adaptación y rendimientos de sus cultivos frente a la vulnerabilidad climática. Expresan su deseo de recibir capacitación para enfrentar mejor estos retos.

Debido al problema de pudrición del maíz mencionado en Ignacio Zaragoza, se decidió plantear la misma pregunta a los campesinos de otro municipio, quienes respondieron que no enfrentan este problema. El tipo de maíz que siembran es criollo.

Ilustración 85.

Reunión con los campesinos de Atltzayanca



5.5.3. San José Teacalco

Los campesinos que cultivan maíz enfrentan una serie de desafíos significativos en sus parcelas. El problema más crítico que afecta su producción es la sequía, la cual tiene un impacto devastador en el maíz de temporal, comprometiendo severamente la disponibilidad de agua necesaria para el crecimiento adecuado de los cultivos.

En los últimos años, han observado cambios notables en las condiciones climáticas. Han experimentado un aumento considerable en la temperatura, lo que contribuye a periodos más prolongados de sequía y afecta negativamente la producción de maíz. Además, han notado una disminución en las heladas y un incremento en la frecuencia de granizadas, eventos que pueden dañar los cultivos y afectar la calidad de la cosecha.

Las plagas representan otro desafío importante. Entre las más problemáticas se encuentran el chapulín, las tusas, la gallina ciega y el gorgojo. Ellos atribuyen el aumento de estas plagas a las condiciones de sequía que favorecen su proliferación.

En cuanto al patrón de lluvias, han notado un retraso de aproximadamente dos meses en los últimos años, lo cual ha alterado el calendario de siembra y afectado la planificación agrícola.

Además de los desafíos climáticos y de plagas, enfrentan el problema del bombardeo a las nubes por parte de empresas y durazneros locales. Esta práctica, destinada a evitar granizadas, ha generado controversia debido a su impacto negativo en la precipitación natural, exacerbando artificialmente la sequía y afectando directamente la producción de maíz de temporal.

En términos de rendimiento, actualmente obtienen entre 200 y 400 kg/ha. Hace tan solo cinco años, lograban cosechar entre 3 y 4 t/ha, lo cual refleja una drástica disminución en la productividad agrícola.

A pesar de estos desafíos, los campesinos señalan que no han recibido apoyo ni asistencia técnica significativa para mejorar la adaptación de sus cultivos

frente a la vulnerabilidad climática. También expresaron que se hacen estudios y que no regresan con los resultados a la comunidad.

En cuanto al tipo de maíz que siembran, prefieren utilizar variedades criollas, que han demostrado una mayor resistencia a las condiciones locales y una adaptabilidad histórica a los cambios climáticos.

Ilustración 86.

Reunión con los campesinos de San José Teacalco



5.5.4. Cuapiaxtla

El comisariado del municipio de Cuapiaxtla abordó las problemáticas más comunes que enfrentan los campesinos locales. Entre los desafíos climáticos, se destacaron las prolongadas sequías, exacerbadas por las prácticas de algunos agricultores de riego que utilizan bombas para dispersar las nubes de lluvia, y las acciones de empresas en la región. Estos factores han tenido un impacto económico severo, reflejado en los bajos rendimientos del maíz, lo cual ha comprometido seriamente la viabilidad económica de los campesinos locales. En cuanto a las heladas manifestó que se mantiene igual, aunque pueden apreciar un aumento en la temperatura. Esta situación de sequía y bajos rendimientos ha llevado a una

transformación significativa en los patrones culturales agrícolas del municipio, con una transición de la producción predominante de maíz hacia el cultivo de amaranto. Este cambio responde directamente a la falta de rentabilidad del maíz en la región.

Además, se mencionó que el gobierno proporciona cierta ayuda para enfrentar las afectaciones por heladas, aunque la asistencia recibida ha sido limitada, con un apoyo de tan solo 500 pesos por hectárea afectada. Esta ayuda, aunque bienvenida, no es suficiente para mitigar completamente los efectos adversos de las condiciones climáticas extremas en la agricultura local.

Ilustración 87.

Reunión con los campesinos de Cuapixtla



5.5.5. Discusión del Análisis de los Resultados de la Entrevista en la Región Oriente-Huamantla

Como se puede observar los datos obtenidos a través de cuestionarios y entrevistas grupales muestran tanto similitudes como diferencias significativas en las percepciones y experiencias de los campesinos. En temas como la temperatura, sequía y capacitación, se observa una clara similitud entre ambos métodos. Tanto el cuestionario como las entrevistas coinciden en que las temperaturas están aumentando, las sequías son el principal desafío climático y que existe una grave

falta de acceso a capacitación técnica, con solo un 9% de los encuestados reportando haber recibido capacitación agrícola. Estas coincidencias refuerzan la validez de estas percepciones. Sin embargo, también surgen diferencias importantes en otros temas.

El rendimiento del maíz de temporal es un claro ejemplo, los cuestionarios indican que la mayoría de los productores obtienen rendimientos moderados, con un promedio general de 2.25 t/ha, mientras que en las entrevistas grupales se mencionó una producción mucho más baja desde hace unos 5 años a la actualidad de entre 400 y 600 kg/ha. Esta información concuerda con Orozco Bolaños et al (2019, p. 9) quien señala producciones similares que va de 93 a 660 kg/ha, pero solo cuando hay un evento climático extremo mencionado que, de 39 municipios, 56% de ellos son los más vulnerables a las variaciones climáticas.

Lo mismo ocurre con en cuanto a los cañones antigranizo, el cuestionario reveló que el 61% de los encuestados desconoce su funcionamiento, mientras que las entrevistas grupales destacaron una preocupación más profunda sobre sus efectos negativos, particularmente su posible contribución a la reducción de las precipitaciones y al aumento de las sequías.

Una posible respuesta a estas diferencias es la estrategia de supervivencia, Orozco Hernández y López Andrés (2007) señalan que actualmente los campesinos enfrentan diversos problemas que afecta su agricultura como lo es la variabilidad climática, plagas, deterioro del suelo, limitada capacitación, bajos precios del maíz y al poco apoyo productivo. Estas condiciones han incidido directamente a su producción agrícola y por ende a sus condiciones de vida volviéndolos un sector vulnerable y sujeto a políticas externas. Estas condiciones que viven los campesinos los han orillado a adoptar múltiples estrategias como negociar con la tierra, cambiar de cultivo, adoptar nuevas tecnologías entre otras. Todas y cada una de estas estrategias son apoyadas por un proceso racional de obtención de decisiones cuyo objetivo es y será la supervivencia.

Los campesinos que participaron en la entrevista al ver personas ajenas llegar al saber las principales problemáticas que enfrentan al cosechar maíz

inconscientemente aplicaron una probable estrategia de supervivencia que fue bajar sus rendimientos para la obtención de una posible ayuda para generar un proceso de transformación en su entorno local regional y así garantizar la supervivencia de su agricultura.

Estas diferencias resaltan la importancia de combinar métodos cuantitativos y cualitativos para obtener una visión más completa y matizada de la realidad de los campesinos. Mientras que los cuestionarios proporcionan datos amplios y generalizables, las entrevistas grupales permiten explorar percepciones y experiencias más profundas, contextualizando los desafíos específicos que enfrentan las comunidades agrícolas.

5.6. Discusión final: análisis del cruce entre vulnerabilidad regional y percepción campesina.

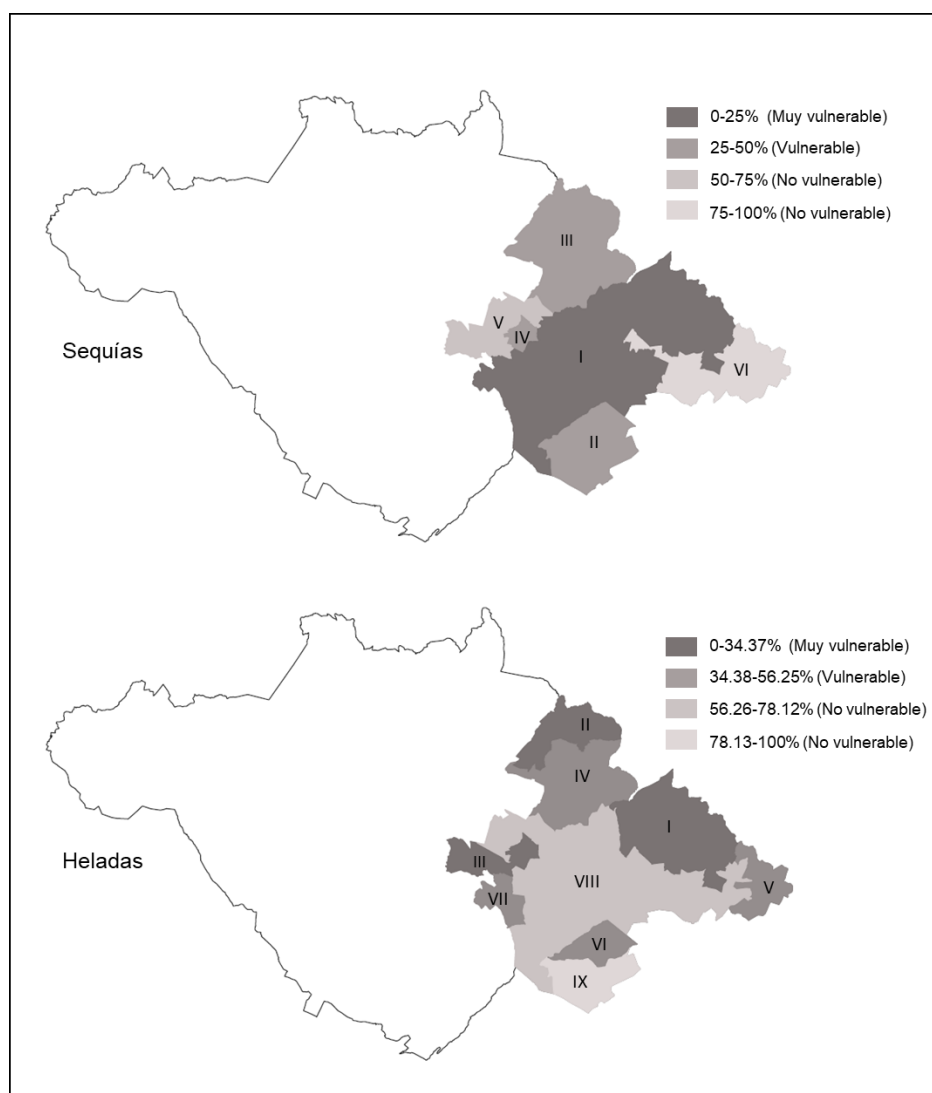
En la Ilustración 92 se presenta la regionalización del grado de vulnerabilidad del cultivo de maíz de temporal frente a sequías y heladas, la cual fue realizada aplicando la regla de Sturges. Esta regla, utilizada para determinar el número óptimo de clases o intervalos en un conjunto de datos, se calculó mediante la fórmula:

$$k = 1 + 3.322 * \log_n(n)$$

donde k es el número de clases y n es el número total de observaciones consideradas. Este método permitió establecer intervalos de vulnerabilidad más precisos y adecuados para representar las diferencias territoriales dentro del área de estudio.

Ilustración 88.

Regionalización del grado de vulnerabilidad de maíz de temporal antes las sequías y heladas



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI.

En la Cuadro 108 se observa un cruce entre la regionalización del grado de vulnerabilidad del maíz de temporal frente a sequías y heladas, y la percepción directa de los campesinos respecto a si consideran que estos fenómenos climáticos afectan o no sus cultivos.

Cuadro 110.*Relación de vulnerabilidad de sequías y heladas y la percepción campesina*

Fenomeno	Regiones	Composición	Vulnerabilidad	Percepción	Fenomeno	Regiones	Composición	Vulnerabilidad	Percepción	
Sequías	I	Huamantla	Sí	Sí	Heladas	I	Atltzayanca	Sí	Si	
		Atltzayanca				II	Emiliano Z.	Sí		
		San José T.					Lázaro C.			
	II	Ixtenco	Sí			III	Tzompantepec	Sí		
		Zitlaltepec					Tocatlán			
	III	Emiliano Z.	Sí			IV	Terrenate	Sí		
		Lázaro C.				V	EL Carmen T.	Sí		
		Terrenate				VI	Ixtenco	Sí		
	IV	Tocatlán	Sí			VII	San José T.	Sí	Sí	
	V	Xaloztoc	No			VIII	Huamantla	No	Sí	
VI		Tzompantepec					Cuapixtla			
VI	EL Carmen T.	No	Sí				Xaloztoc			
	Cuapixtla		IX	Zitlaltepec	No					

En el caso de las sequías, los resultados muestran que regiones como la I (Huamantla, Atltzayanca y San José Teacalco) son vulnerables a las sequías, lo cual coincide con lo reportado en los cuestionarios y entrevistas aplicados a los campesinos de esta región. Sin embargo, en la región VI (El Carmen Tequexquitla y Cuapixtla), que no aparece como vulnerable, el comisariado ejidal destacó durante la entrevista que la sequía sí es un problema recurrente.

Respecto a las heladas, las regiones I (Atltzayanca) y V (San José Teacalco) son identificadas como vulnerables, lo cual coincide también con lo reportado en los cuestionarios y entrevistas realizadas. No obstante, la región VIII (Huamantla, Cuapixtla y Xaloztoc), que no es clasificada como vulnerable, contrasta con la percepción local, ya que en los cuestionarios y entrevistas realizadas en Huamantla y Cuapixtla los agricultores manifestaron que las heladas sí afectan sus cultivos.

Una limitante importante del presente estudio es la cobertura territorial. Aunque se representan un primer acercamiento valioso, aún faltan municipios clave por incorporar al análisis. La ausencia de la percepción en varios municipios limita la capacidad de identificar patrones más amplios, especialmente en zonas periféricas de la región. El cruce entre la vulnerabilidad y la percepción de los campesinos permite entender la realidad social del territorio. Por ello, es necesario ampliar el alcance del estudio con el fin de lograr un mejor acercamiento entre los

resultados del mapeo y la percepción de los campesinos, la cual, como se observa en la Cuadro, puede ser significativa para entender mejor la dimensión de la vulnerabilidad en el territorio.

CONCLUSIONES

Con base en los hallazgos obtenidos en esta investigación se acepta la hipótesis planteada que establece que los eventos climáticos extremos como las sequías y la alta frecuencia de heladas inciden directamente en la producción y los bajos rendimientos del maíz de temporal, afectando el desarrollo social, ambiental y económico de la región Oriente-Huamantla. A grandes rasgos los resultados evidenciaron que las sequías representan uno de los principales problemas para los campesinos de maíz de temporal en la región, aunque no en todos los municipios se presenta la misma vulnerabilidad frente a estos fenómenos se debe estar preparado, pues como señala CONAGUA en su monitoreo quincenal para evaluar la magnitud de la sequía en el país, a pesar de que han transcurrido menos de tres meses del año, los datos reflejan no solo un aumento en la frecuencia e intensidad de los eventos climáticos extremos asociados al cambio climático, sino también una alarmante degradación de los ecosistemas, una disminución en la recarga de los acuíferos y un incremento en los riesgos para la seguridad alimentaria y la salud humana.

Actualmente no existe quien proporcione información acerca de los cambios del clima a los campesinos lo que es un grave problema para la agricultura de temporal que año con año puede llegar a tener consecuencias devastadoras en su producción y rendimiento y por ende en su economía ocasionando abandono del campo.

Las condiciones climáticas están cambiando rápidamente, es fundamental comprender cómo estas variaciones impactan a la agricultura y con ella a sus cultivos como lo es el maíz de temporal que es vital para la seguridad alimentaria y la economía local en la región Oriente-Huamantla del estado de Tlaxcala. La presente investigación no solo identificó el grado de vulnerabilidad del maíz de temporal como lo marca el objetivo general sino también a los factores que contribuyen a intensificarla. De igual manera se proporcionó datos climáticos

valiosos para municipios que carecen de estaciones meteorológicas, lo cual puede ser utilizado en futuros estudios.

La región Oriente de Huamantla se posiciona como la principal zona productora de maíz del estado de Tlaxcala, lo que la hace particularmente vulnerable a los riesgos derivados de la variabilidad climática. El uso de una metodología mixta o como otros autores la llaman complementaria, combinó análisis estadístico de información de fuentes como CONAGUA y SIAP con encuestas y entrevistas grupales lo cual permitió obtener una visión integral de la situación. Por ejemplo, se detectó que arriba del 90% de los campesinos usa químicos lo que podría estar generando una degradación de suelos que está elevando la vulnerabilidad a estos eventos climáticos extremos año con año, pues la mayoría de ellos no aplica ninguna técnica que ayude a minimizar el impacto ya que por encima del 90% no ha recibido capacitación agrícola según afirma la mayoría de los encuestados, por lo que se constituye un gran problema en la región. El estudio también detectó diferencias significativas entre los datos recolectados mediante cuestionarios y entrevistas grupales, destacando la influencia de una posible estrategia de supervivencia. Esto sugiere que, en futuras investigaciones, se recomienda priorizar entrevistas individuales para garantizar mayor precisión en los datos recolectados.

Cabe destacar que esta investigación se centró exclusivamente en identificar los efectos de la variabilidad climática en la producción de maíz de temporal. Sin embargo, este no es el único factor que impacta al cultivo. Aspectos como la erosión del suelo, las prácticas agrícolas locales, la economía y la presencia de plagas también representan riesgos significativos, como lo marca la teoría sustantiva del riesgo de este trabajo que describe que no son únicamente naturales, sino también producto de decisiones humanas y sistemas sociales que generan nuevas formas de incertidumbre, propias de la modernidad. Por tanto, comprenderlos implica analizar cómo interactúan factores ambientales, tecnológicos y sociales en la construcción del riesgo agrícola. Estos elementos, en conjunto con la información obtenida en este análisis, dan un panorama complejo que exige un enfoque

holístico, sistémico e integral para comprender los riesgos que enfrenta la productividad y sustentabilidad del maíz de temporal en la región Oriente-Huamantla.

La implementación de estrategias y medidas de adaptación específicas para fortalecer la resiliencia de la agricultura de temporal son fundamentales ya que la información presentada en los resultados climáticos proyecta una continuidad en las anomalías de precipitación y un aumento de las temperaturas mínimas promedio. Entre estas estrategias podrían incluirse la promoción de prácticas agroecológicas, la mejora en el acceso a tecnología y capacitación técnica, así como la creación de políticas públicas que atiendan las necesidades de los campesinos más vulnerables para poder seguir apoyando las iniciativas del campesinado como lo señala la teoría general.

Finalmente, esta investigación refuerza la necesidad de integrar un análisis de riesgo y vulnerabilidad en la planificación agrícola donde diferentes contextos están afectándola, pero, especialmente en contextos donde el cambio climático está incrementando las condiciones adversas al mejoramiento de la agricultura. Al entender mejor cómo los eventos climáticos extremos afectan al maíz de temporal, se puede avanzar hacia un modelo de agricultura más resiliente, que no solo proteja los medios de vida de los campesinos, sino que también contribuya al desarrollo sustentable de la región.

Este estudio representa un paso importante en esa dirección, ofreciendo bases sólidas para futuras investigaciones que pueden enriquecer el análisis de la vulnerabilidad del maíz de temporal desde una perspectiva más integral. Entre ellas se encuentran el estudio del riesgo y vulnerabilidad asociados a la erosión del suelo, el impacto de la economía campesina y sus dinámicas territoriales, el análisis de las políticas públicas agrícolas y su eficacia, así como la exploración de la diversidad y resiliencia de las variedades locales de semillas frente a contextos de homogeneización tecnológica. También resulta relevante abordar procesos como la desterritorialización inducida por el avance del agronegocio, que transforma las relaciones entre el campesinado y su territorio, afectando no solo los sistemas

productivos, sino también las estructuras sociales, culturales y ambientales que los sostienen.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aceves-Navarro, L. A., Palma-López, D. J., López-López, R., Rivera-Hernández, B., Rincón-Ramírez, J. A., Morales-Colorado, R., Hernández-Alvarado, R. y Hernández, S J. L. (2008). *Estudio para determinar zonas de alta Potencialidad del Cultivo del Maíz (Zea mays L.) en el estado de Tabasco*. Colegio de Postgraduados, DEIDRUS-Tabasco, e INIFAP.
- Aguilar-Ávila, J. y Ávalos-Gutiérrez, C. (2013). Estimación de cosecha de maíz. En J. Aguilar-Ávila y V. H. Santoyo-Cortés (Eds.), *Estimación de rendimientos en el sector agropecuario* (pp. 11-22). Estudios Críticos del Desarrollo. Disponible en: <http://ciestaam.edu.mx/libro/estimacion-rendimientos-en-sector-agropecuario>
- Altieri, M. A., y Nicholls, C. I. (2009). Cambio climático y agricultura campesina: impactos y respuestas adaptativas. *Leisa revista de agroecología*, 5-8. <https://www.biopasos.com/biblioteca/CC%20y%20agricultura%20campesina%20impactos%20y%20respuestas%20adaptativas.pdf>
- Araujo Andrade, L. A. (2022). Demanda, oferta y precio de maíz amarillo en México 2012-2021. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 50, 197-208. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14173239008>
- Ávila Miramontes, J. A., Ávila Salazar, J. M., Martínez Heredia, D. y Rivas Santoyo, F. J. (2014). *El cultivo del maíz generalidades y sistemas de producción en el noroeste*. Universidad de Sonora. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Departamento de agricultura y ganadería.
- Barriendos Vallvé, M. (2005). Variabilidad climática y riesgos climáticos en perspectiva histórica; el caso de Catalunya en los siglos XVIII y XIX. *Revista de historia moderna* (23),11-13. <https://doi.org/10.14198/RHM2005.23.01>
- Bassols, M. y Delgadillo, J. (1992). La ciudad de Aguascalientes: Desarrollo regional y Políticas Urbanas (1970-1985) en Guillermo Boils (coord.), México, problemas urbanos regionales. GV editores/Instituto de investigaciones Sociales, UNAM, México.
- Beck, U. (1998). *La sociedad del riesgo*. Paidós Ibérica.

- Bernal Torres, C. A. (2010). *Metodología de la investigación. Administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. (3ª ed.). PEARSON EDUCACIÓN
- Carmona Martínez, J. L. (2022). *Riesgo agroclimático en la agricultura de temporal del municipio de Tlaxco, Tlaxcala*. [Tesis de Licenciatura no publicada]. Universidad Autónoma de Tlaxcala.
- Carrillo Huerta, M. M. (2002). *Aspectos microeconómicos introductorios del desarrollo regional y urbano. Teoría y evidencia empírica*. Instituto Politécnico Nacional, México.
- Castellón Gómez, J. J. (1989). *Efecto de la fertilización nitrogenada y fosfórica en el rendimiento de maíz (zea mays L.) bajo dos tipos de labranza en un regosol*. [Tesis de Ingeniería no publicada]. Universidad Autónoma de Chapingo].
- Chávez López, S. (Eds). (2018). *El Concepto de Riesgo*. (Vol. 4-1). Recursos Naturales y Sociedad. <https://doi.org/10.18846/renaysoc.2018.04.04.01.0003>
- Colotti, E., Cedeño, M. y Montañez, C. (2013). La sequía meteorológica y la variación de la superficie agrícola en la Isla de Margarita, Estado Nueva Esparta, Venezuela período 1972-2004. *Terra Nueva Etapa*, XXIX(45) 11-53. <https://www.redalyc.org/pdf/721/72130180002>
- Comisión Nacional del Agua [CONAGUA]. (2023). *Información Meteorológica del estado de Tlaxcala*. Documento de circulación interna. Comisión Nacional del Agua, Gerencia estatal de Tlaxcala.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO]. (1998). *La diversidad biológica de México: Estudio de País 1998*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Congreso del Estado de Tlaxcala. (2000). *Ley agrícola para el estado de Tlaxcala*. <https://sfp.tlaxcala.gob.mx/pdf/normateca/ley%20agricola%20para%20el%20estado%20de%20tlaxcala.pdf>

- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. [CONEVAL]. (2023). *Informe de enfoque de resultados*. Disponible en: <https://www.coneval.org.mx/>
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos [CPEUM]. (1917). *Ley Agraria*. 26 de febrero de 1992 (México).
- Creswell, J. W. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (4th ed.). Thousand Oaks, CA: SAGE Publications.
- Cruz-González, A., Arteaga-Ramírez, R., Sánchez-Cohen, I., Soria-Ruiz, J. y Monterroso-Rivas, A. I. (2024). Impactos del cambio climático en la producción de maíz en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 15(1), 1-15. DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v15i1.3327>
- Damián Huato, M. A., Ramírez Valverde, B., Parra Inzunza, F., Paredes Sánchez, J. A., Gil Muñoz, A., López Olguín, J. F. y Cruz León, A. (2009). Estrategias de reproducción social de los productores de maíz de Tlaxcala. *Estudios Sociales*. 17(34), 112-146. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41711502004>
- Damián-Huato, M. A., Ramírez-Valverde, B., Aragón-García, A., Huerta-Lara, M., Sangerman-Jarquín, D. M. de J. y Romero-Arenas, O. (2010). Manejo del maíz en el estado de Tlaxcala, México: entre lo convencional y lo agroecológico. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 6(2), 67-76. <https://itson.mx/publicaciones/rlrn/Documents/v6-n2-1-manejo-del-maiz-en-el-estado-de-tlaxcala.pdf>
- Denzin, N. K., & Lincoln, Y. S. (2011). *The SAGE Handbook of Qualitative Research* (4th ed.). Thousand Oaks, CA: SAGE Publications.
- Doebley, J. (2004). The genetics of maize evolution. *Rev. Genet* 38, 37–59. Doi: 10.1146/annurev.genet.38.072902.092425. Disponible en: <https://www.annualreviews.org/content/journals/10.1146/annurev.genet.38.072902.092425>

- Estrada Porrúa, F., Zavala Hidalgo, J., Martínez Arroyo, A., Raga, G. y Gay García, C. (2023). *Estado y perspectivas del cambio climático en México: Un punto de partida*. Programa de Investigación en Cambio Climático. Disponible en: <https://cambioclimatico.unam.mx/wp-content/uploads/2023/11/estado-y-perspectivas-del-cambio-climatico-en-mexico-un-punto-de-partida-unam.pdf>
- Felipe Giraldo, O. (2018). *Ecología política de la agricultura. Agroecología y posdesarrollo*. ECOSUR.
- Flick, U. (2018). *An Introduction to Qualitative Research* (5th ed.). Thousand Oaks, CA: SAGE Publications.
- Flores, M., Araujo, R. y Betancourt, E. (2000). Vulnerabilidad de las zonas potencialmente aptas para el maíz de temporal en México ante el cambio climático. En C. Gay García (Ed), *México: una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México*. (pp. 103-118). UNAM-SEMARNAP.
- Gallegos-Cedillo, J., Arteaga-Ramírez, R., Vázquez Peña, M. A. y Juárez Méndez, J. (2015). Estimation of missing daily precipitation and maximum and minimum temperature records in San Luis Potosí. *Ingeniería agrícola y biosistemas*. 8(1). 3-16. Doi: 10.5154/r.inagbi.2015.11.008.
- García Marín, R. (2008). *Riesgo de sequía y vulnerabilidad socioeconómica en la cuenca del Guadalentín*. [Tesis de Doctorado, Universidad de Murcia]. Digitum. <https://digitum.um.es/bitstream/GarciaMarin>
- García, E. (1998). *Carta de climas de la República Mexicana a escala 1:1000 000 (Clasificación de Koppen, modificada por García)*. (versión digital). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).
- González-Cortés, N., Silos-Espino, H., Estrada Cabral, J. C., Chávez-Muñoz, J. A. y Tejero Jiménez, L. (2016). Características y propiedades del maíz (*Zea mays* L.) criollo cultivado en Aguascalientes, México. *SciELO*, 7 (3). 669-680. <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v7n3/2007-0934-remexca-7-03-669-en.pdf>

- Grassi Cantero, B. A. (1983). *Riesgo de primeras y últimas heladas en Puebla y Tlaxcala, respecto a los cultivos básicos*. [Tesis de maestría no publicada]. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Hernández Vázquez, M. (2010). *Capacidades tecnológicas y culturales de los agricultores de maíz de temporal para enfrentar la variabilidad climática. Caso Española y San Felipe Ixtacuixtla, Tlaxcala*. [Tesis de doctorado no publicada]. El Colegio de Tlaxcala.
- Hernández Vázquez, M., García Juárez, G. y Orozco Bolaños, H. (2019). *Cambio climático y seguridad alimentaria: Maíz de temporal, percepción y aflatoxinas en el estado de Tlaxcala*. Universidad Autónoma de Tlaxcala.
- Hernández, R. (1994). Teorías sobre campesinado en América Latina: Una evaluación crítica. *Revista Chilena de Antropología*. (12).179-200. <https://revistas.uchile.cl › RCA › article › download>
- Hernández-Sampieri, R. Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. (6.^a ed.). MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES.
- Instituto de Geografía-Instituto Nacional de Ecología [IG-INE]. (2003). *Mapa del sistema clasificadorio del relieve de México, escala 1:250,000*.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI] (2021). *Aspectos Geográficos Tlaxcala*. Disponible en <http://www.inegi.mx>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2004). *Guía para la interpretación de cartografía*. Edafología.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2007). *Conjunto de datos vectoriales de edafología Serie II, 1:250 000*.
- Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. (2023). Summary for Policymakers. In Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.) *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to*

the Sixth. IPCC, Geneva, Switzerland, 1-34. Doi:10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001

IPCC (2023). *Climate Change 2023: Synthesis Report*. Intergovernmental Panel on Climate Change. Recuperado de: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>

Jacobs, H., Corsi, S., Mba, C., Taguchi, M., Kienxle, J., Muninjanov, H., Hadi, B., Beed, F., Lidder, P. & Kim, H. (2022). *Crops and climate change impact briefs. Climate-smart agriculture for more sustainable, resilient, and equitable food systems*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. <https://doi.org/10.4060/cb8030en>

Jasso-Miranda, M., Soria-Ruiz, J. y Antio-Némiga, X. (2022). Pérdida de superficies cultivadas de maíz de temporal por efecto de heladas en el valle de Toluca. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 13(2). <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i2.2587>

Jiménez-García, D., Ballesteros Barrera, C. y Hernández Cárdenas. G. (2011). El impacto potencial del cambio climático sobre los agroecosistemas. El caso del cultivo del maíz, proyecciones al futuro. *Manejo Agroecológico de sistemas*, 2. 1-14.

Knutson, C., Hayes, M. y Philips, T. (1998). *How to reduce drought risk*. Western Drought Coordination Council.

Lazos Chavero, E. (2014). Consideraciones socioeconómicas y culturales en la controvertida introducción del maíz transgénico: el caso de Tlaxcala. *Sociológica* 29(83), 201-240. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-01732014000300006

Le Roy, L. E. (1991). *La historia del Clima desde el año mil*. Fondo de Cultura Económica.

- Ley General de Cambio Climático [LGCC]. (2012). *Ley General de Cambio Climático*. Diario Oficial de la Federación, 6/6/2012. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCC_130718.pdf
- Ley General de Cambio Climático [LGCC]. (2023). *Ley de cambio climático para el estado de Tlaxcala*. Periódico Oficial No. Extraordinario, abril 21 del 2023. <https://periodico.tlaxcala.gob.mx/indices/Ex21042023.pdf>
- Liverman, D. M. (1990). Drought impacts in Mexico: Climate, Agriculture, Technology, and Land Tenure in Sonora and Puebla. En *Annals of the Association of American Geographers* (Vol. 80), 49-72. Routledge <https://doi.org/10.1111/j.1467-8306.1990.tb00003.x>
- Luhman, N. (1998). *Sociología del riesgo*. Universidad Iberoamericana y Universidad de Guadalajara.
- Macías Huerta, Ma. Del C. (2008). Espacio y Región: Dos Conceptos Multidisciplinarios. *Sincronía, Revista de Humanidades y Ciencias Sociales*, (48). 53-65 <http://sincronia.cucsh.udg.mx/index.html>.
- Magaña Rueda, V. O. y Neri Vidaurri, C. (2007). *Proyecto: Fomento de las Capacidades para la Etapa II de adaptación al Cambio Climático en Centroamérica, México y Cuba*. PNUD/CATHALAC/INE/CCA-UNAM.
- María Ramírez, A., & Carmona Martínez, J. L. (2024). *Fertilidad de los suelos agrícolas del estado de Tlaxcala*. Ponencia presentada en el Primer Coloquio Querétaro de Estudios Interdisciplinarios del Suelo, Instituto de Geociencias y Programa Universitario de Estudios Interdisciplinarios de Suelos, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Querétaro, México.
- Martínez Castillo, R. (2008). Agricultura tradicional campesina: características ecológicas. *Tecnología en Marcha*, volumen 21 (3), 3-13. https://revistas.tec.ac.cr/tec_marcha/article/view
- Martínez, M. P. L. y Rendón, T. (1983). Las unidades domésticas campesinas y sus estrategias de reproducción. En K. de Appendini, M. P. L. Martínez, T. Rendón

- y V. A. de Salles (Eds), *El campesinado en Mexico: Dos perspectivas de análisis* (pp. 15-32). El Colegio de México.
- Matías Ramírez, L. G., Fuentes Mariles, O. A. y García Jiménez, F. (2021). *Heladas*. (D.R. Versión Electrónica 2021). Centro Nacional de Prevención de Desastres.
- Mayo Mendoza, M. (2021). *Vulnerabilidad del sector agrícola ante los efectos del cambio climático en el municipio de Palenque, Chiapas*. [Tesis de Maestría, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco].
- Moreno Sánchez, A. R. y Urbina Soria, J. (2008). *Impactos sociales del Cambio Climático en México*. D.R. Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT) y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).
- Murray, B. W. (2008). Desertización y cambio climático en un área del noreste mexicano: una aproximación interdisciplinaria. En A. Lammel, M. Goloubinoff y E. Katz (Eds), *Aires y lluvias: Antropología del clima en México* (pp. 519-546). Centro de estudios mexicanos y centroamericanos, Centro de investigaciones y estudios superiores en antropología social, IRD Éditions. <https://doi.org/10.4000/books.cemca.1239>
- Neri Vidaurri, C. (2004). *Evaluación del riesgo en el sector agrícola por la variabilidad climática*. [Tesis de Licenciatura no publicada]. Universidad Autónoma de México.
- Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (2016). *Agenda 2030 y los objetivos de desarrollo sostenible para América Latina y el Caribe*. Organización de las Naciones Unidas.
- Organización Meteorológica Mundial [OMM]. 2006. *Declaración de la OMM sobre el estado del clima mundial en 2005*. Organización Meteorológica Mundial. Disponible en: <https://www.unclearn.org/wp-content/uploads/library/wmo131spn 0.pdf>
- Orozco Bolaños, H., Hernández Vázquez, M., García Juárez, G. y Suárez González, G. (2019). Cambio climático: Una percepción de los productores de maíz de

- temporal en el estado de Tlaxcala, México. *Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*. 10 (19). DOI: <https://doi.org/10.23913/ciba.v8i16.89>
- Orozco Hernández, M. E. y López Andrés, D. (2007). Estrategia de supervivencia familiar en una comunidad campesina del Estado de México. *Ciencia Ergo Sum* 14(3). 246-254. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10414302>
- Orozco-Bolaños, H., Juárez-Ortiz, M. G., Hernández-Vázquez, M., García-Juárez, G. y Galicia-Gutiérrez, P. (2017). Experiencias de los productores de maíz ante el cambio climático. En G. García-Juárez., M. Hernández. V. y H. Orozco, B. H. (Eds.), *Agroecosistemas y Sociedad. Un acercamiento en el saber del cultivo de maíz ante el cambio climático en Tlaxcala*. Universidad Autónoma de Tlaxcala.
- Ortigoza Guerrero, J., López Talavera, C. A. y González Villalba, J. D. (2019). *Guía Técnica Cultivo del maíz*. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción.
- Pabón Caicedo, J. D y Montealegre Bocanegra, J. E. (2017). *Los fenómenos de El Niño y de La Niña, su efecto climático e impactos socioeconómicos*. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Disponible en: <https://repositorio.accefyn.org.co/bitstream/001/113/1/Fenomeno%20del%20ni%C3%B1o%20y%20la%20ni%C3%B1a%20WEB.pdf>
- Patt, M. Q. (2015). *Qualitative Research & Evaluation Methods* (4th ed.). Thousand Oaks, CA: SAGE Publications.
- Pillet Capdepón, F. (2004). La geografía y las distintas acepciones de espacio geográfico. Departamento de Geografía y Ordenamiento del Territorio. *Investigaciones Geográficas*, Esp(34),141-154. <https://www.redalyc.org/pdf/176/17603407.pdf>
- Ramírez Velázquez, B. R y López Levi, L. (2015). *Espacio, paisaje, región, territorio y lugar: la diversidad en el pensamiento contemporáneo*. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geografía: UAM, Xochimilco.

- Reyes Anistro, G. I., Adame Martínez, S. y Cadena Vargas, E. (2018). Vulnerabilidad ante la variabilidad climática en los cultivos de maíz *Zea mays*. *SiELO, Soc. ambient* (17). <https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sciarttext&pid=S2007-65762018000200093>
- Ruiz Corral, J. A., Hernández Casillas, J. M., Sánchez González J. de J., Ortega Corona A., Ramírez Ojeda, G., Guerrero Herrera M. de J., Aragón Cuevas, F., Vidal Martínez V. A. y Larios, L. de C. (2013). *Ecología, adaptación y distribución actual y potencial de las razas mexicanas de maíz*. (5) INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental Centro Altos de Jalisco.
- Sánchez-Cohen, I. y Díaz-Padilla, G. (2008). Variabilidad climática en México: algunos impactos hidrológicos, sociales y económicos. *Ingeniería hidráulica en México*, 23(4). 5-24. https://www.researchgate.net/profile/Waldo-Ojeda/publication/235009165_Variabilidad_climatica_en_Mexico_algunos_impactos_hidrologicos_sociales_y_economicos/links/0deec5395cb7708a87000000/Variabilidad-climatica-en-Mexico-algunos-impactos-hidrologicos-sociales-y-economicos.pdf
- Santiago-Jerónimo, A. (2009). Análisis de la agricultura de temporal en México y su relación con las cuestiones climáticas; caso maíz y frijol. [Tesis de Licenciatura Universidad Autónoma Agraria Antonio Navarro, México]. <http://repositorio.uaaan.mx/bitstream/handle>
- Sautu, R. (2005). *Todo es teoría: Objetivos y métodos de investigación*. Lumiere.
- Schwermer, H. (2019). *Gezielte Probenahme bei Rindern am Schlachthof zur Untersuchung auf BVD, IBR, EBL und BTV*. Eidgenössisches Departement des Innern EDI, Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen BLV.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural [SADER]. (2022). *Manual de Organización General de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural*. Diario Oficial de la Federación.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural [SADER]. (2023). *Informe de resultados de beneficiados de Programa Producción para el Bienestar 2023*.

- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación [SAGARPA]. (2023). Disponible en: <https://www.gob.mx/sagarpa/acciones-y-programas/tramites-y-servicios-sagarpa>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT] (2023). Disponible en: <http://www.semarnat.gob.mx>.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP]. (2024). *Rendimientos de granos por Estados y años*. Disponible en: <http://nube.siap.gob.mx/>.
- Simão, V. L. (2010). *Formación continua y varias voces del profesorado de educación infantil de Blumenau: Una propuesta desde dentro*. [Tesis doctoral, Departamento de Didáctica y Organización Educativa-DOE]. [https://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/41493/7/06.VLS CONCLUSIONES.pdf](https://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/41493/7/06.VLS_CONCLUSIONES.pdf)
- Steffen, W., Crutzen, P. J., & McNeill, J. R. (2015). *The Anthropocene: Are humans now overwhelming the great forces of nature?* *Ambio*, 36(8), 614-621. [https://doi.org/10.1579/0044-7447\(2007\)36\[614:TAAHNO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1579/0044-7447(2007)36[614:TAAHNO]2.0.CO;2)
- Teddlie, C., & Yu, F. (2007). *Mixed Methods Sampling: A Typology With Examples*. *Journal of Mixed Methods Research*, 1(1), 77-100. <https://doi.org/10.1177/2345678906292430>
- Tiscornia, G., Cal, A. y Giménez, A. (2016). Análisis y caracterización de la variabilidad climática en algunas regiones de Uruguay. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 42(1), pp. 66-71.
- Tobón Gómez, M. A., Yalí Henao, K. y Aristizabal Zuluaga, L. (2020). *Caracterización nutricional de diez variedades de maíz y varios usos culinarios en la cocina tradicional de américa: revisión documental*. Universidad Católica de Oriente. <https://repositorio.uco.edu.co/bitstream/20.500.13064/907/1/trabajo%20de%20grado%20oficial.pdf>
- Turrent-Fernández, A. (2006). *Pérdida de suelo y relación erosión-productividad en cuatro sistemas de manejo del suelo*. *Terra Latinoamericana*, 24(2), 253-260.

- Urango, M. L. A. (2018). Componentes del maíz en la nutrición humana. *Revista UdeA*, (9) 187-207. <https://revistas.udea.edu.co › article › download>
- Van der Ploeg, J. D. (2009). *The New Peasantries: Struggles for Autonomy and Sustainability in an Era of Empire and Globalization*. EARTHSCAN. <https://doi.org/10.1007/s10745-010-9372-9>
- Van der Ploeg, J. D. (2013). *Peasants' and the art of farming a Chayanovian manifestó*. Fernwood Publishing.
- Wilks, D.S. (1995). *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences*. Academic Press.
- World Meteorological Organization (WMO). (1992). *International Meteorological Vocabulary*.182(2). WMO/OMM/BMO.
- Zúñiga, E. y Magaña, V. (2018). *Vulnerabilidad y riesgo por lluvias intensas en México: el efecto del cambio en la cobertura del uso del suelo*. SciELO, (95). <https://doi.org/10.14350/rig.59465>

Anexos

Anexo 1

Resultados de precipitación de la interpolación con la metodología WS para los municipios sin estaciones meteorológicas

Atltzayanca

Año	Terrenate			El Carmen Tequexquitla			Cuapiaxtla			Huamantla			Atltzayanca
	Precipitación	Distancia	Resultado	Precipitación	Distancia	Resultado	Precipitación	Distancia	Resultado	Precipitación	Distancia	Resultado	
1980	798.900	0.005	3.835	555.100	0.003	1.499	691.300	0.004	2.903	561.100	0.003	1.571	676.416
1981	870.400	0.005	4.178	607.600	0.003	1.641	855.100	0.004	3.591	781.000	0.003	2.187	799.770
1982	453.800	0.005	2.178	352.500	0.003	0.952	503.400	0.004	2.114	534.500	0.003	1.497	464.888
1983	453.300	0.005	2.176	221.500	0.003	0.598	390.500	0.004	1.640	435.000	0.003	1.218	388.413
1984	616.900	0.005	2.961	547.000	0.003	1.477	738.200	0.004	3.100	454.200	0.003	1.272	607.601
1985	617.000	0.005	2.962	443.900	0.003	1.199	590.400	0.004	2.480	658.500	0.003	1.844	585.077
1986	1237.200	0.005	5.939	353.600	0.003	0.955	287.800	0.004	1.209	516.700	0.003	1.447	658.538
1987	971.300	0.005	4.662	354.800	0.003	0.958	249.600	0.004	1.048	605.200	0.003	1.695	576.764
1988	556.400	0.005	2.671	368.300	0.003	0.994	630.600	0.004	2.649	589.800	0.003	1.651	549.317
1989	460.700	0.005	2.211	507.600	0.003	1.371	463.300	0.004	1.946	497.800	0.003	1.394	477.350
1990	603.600	0.005	2.897	462.500	0.003	1.249	525.100	0.004	2.205	593.700	0.003	1.662	552.677
1991	652.200	0.005	3.131	370.200	0.003	1.000	515.500	0.004	2.165	647.500	0.003	1.813	559.186
1992	766.300	0.005	3.678	652.000	0.003	1.760	742.896	0.004	3.120	829.000	0.003	2.321	750.345
1993	564.900	0.005	2.712	291.000	0.003	0.786	350.945	0.004	1.474	463.230	0.003	1.297	432.292
1994	588.600	0.005	2.825	311.000	0.003	0.840	471.158	0.004	1.979	664.560	0.003	1.861	517.559
1995	890.500	0.005	4.274	528.000	0.003	1.426	642.299	0.004	2.698	831.500	0.003	2.328	739.714
1996	639.500	0.005	3.070	337.500	0.003	0.911	461.309	0.004	1.937	664.000	0.003	1.859	536.382
1997	554.100	0.005	2.660	488.000	0.003	1.318	565.529	0.004	2.375	700.900	0.003	1.963	573.450
1998	472.500	0.005	2.268	303.000	0.003	0.818	544.300	0.004	2.286	590.200	0.003	1.653	484.463
1999	530.300	0.005	2.545	503.000	0.003	1.358	669.500	0.004	2.812	699.100	0.003	1.957	598.132
2000	539.400	0.005	2.589	455.000	0.003	1.229	585.100	0.004	2.457	460.200	0.003	1.289	521.628
2001	659.000	0.005	3.163	535.500	0.003	1.446	672.400	0.004	2.824	667.500	0.003	1.869	641.526
2002	697.800	0.005	3.349	503.400	0.003	1.359	632.700	0.004	2.657	614.500	0.003	1.721	626.659
2003	767.900	0.005	3.686	486.000	0.003	1.312	584.700	0.004	2.456	706.200	0.003	1.977	650.429
2004	854.400	0.005	4.101	473.300	0.003	1.278	540.500	0.004	2.270	614.200	0.003	1.720	646.130
2005	509.000	0.005	2.443	386.900	0.003	1.045	477.800	0.004	2.007	442.700	0.003	1.240	464.424
2006	838.000	0.005	4.022	511.000	0.003	1.380	616.000	0.004	2.587	557.100	0.003	1.560	658.564
2007	926.100	0.005	4.445	417.500	0.003	1.127	598.400	0.004	2.513	628.000	0.003	1.758	678.911
2008	869.000	0.005	4.171	537.500	0.003	1.451	662.900	0.004	2.784	680.700	0.003	1.906	711.213
2009	955.000	0.005	4.584	463.800	0.003	1.252	485.000	0.004	2.037	597.700	0.003	1.674	658.401
2010	277.200	0.005	1.331	522.500	0.003	1.411	547.100	0.004	2.298	697.600	0.003	1.953	482.235
2011	300.000	0.005	1.440	377.700	0.003	1.020	515.100	0.004	2.163	618.100	0.003	1.731	438.199
2012	641.400	0.005	3.079	474.000	0.003	1.280	554.300	0.004	2.328	680.700	0.003	1.906	592.589
2013	234.200	0.005	1.124	532.000	0.003	1.436	732.200	0.004	3.075	920.900	0.003	2.579	566.505
2014	985.800	0.005	4.732	560.100	0.003	1.512	743.700	0.004	3.124	970.200	0.003	2.717	833.394
2015	823.700	0.005	3.954	483.000	0.003	1.304	855.900	0.004	3.595	784.200	0.003	2.196	761.959
2016	660.700	0.005	3.171	596.800	0.003	1.611	779.600	0.004	3.274	790.800	0.003	2.214	708.364
2017	760.200	0.005	3.649	464.900	0.003	1.255	562.500	0.004	2.363	507.000	0.003	1.420	599.054
2018	688.100	0.005	3.303	458.000	0.003	1.237	747.000	0.004	3.137	816.600	0.003	2.286	687.128
2019	686.300	0.005	3.294	426.500	0.003	1.152	622.400	0.004	2.614	698.000	0.003	1.954	621.674
2020	914.500	0.005	4.390	547.200	0.003	1.477	447.000	0.004	1.877	746.900	0.003	2.091	678.328
2021	622.500	0.005	2.988	707.700	0.003	1.911	777.000	0.004	3.263	522.800	0.003	1.464	663.864

Cuapiaxtla

Año	Huamantla			El Carmen Tequexquitla			Atltzayanca			San Salvador			Cuapiaxtla
	Precipitación	Distancia	Resultado	Precipitación	Distancia	Resultado	Precipitación	Distancia	Resultado	Precipitación	Distancia	Resultado	
1992	829.000	0.004	3.067	652.000	0.006	4.042	718.800	0.005	3.235	919.600	0.002	1.839	742.896
1993	463.230	0.004	1.714	291.000	0.006	1.804	411.500	0.005	1.852	192.800	0.002	0.386	350.945
1994	664.560	0.004	2.459	311.000	0.006	1.928	474.200	0.005	2.134	603.010	0.002	1.206	471.158
1995	831.500	0.004	3.077	528.000	0.006	3.274	671.900	0.005	3.024	580.000	0.002	1.160	642.299
1996	664.000	0.004	2.457	337.500	0.006	2.093	391.000	0.005	1.760	628.330	0.002	1.257	461.309
1997	700.900	0.004	2.593	488.000	0.006	3.026	488.700	0.005	2.199	728.300	0.002	1.457	565.529

Emiliano Zapata

Año	Tlaxco			Terrenate			Ixtacamaxtitlan			Atlangatepec			E. Zapata
	Precipitación	Distancia	Resultado	Precipitación	Distancia	Resultado	Precipitación	Distancia	Resultado	Precipitación	Distancia	Resultado	
1980	800.400	0.002	1.601	798.900	0.012	9.747	552.900	0.006	3.428	765.000	0.001	0.765	726.185
1981	711.400	0.002	1.423	870.400	0.012	10.619	778.000	0.006	4.824	898.400	0.001	0.898	830.079
1982	611.200	0.002	1.222	453.800	0.012	5.536	382.500	0.006	2.372	598.700	0.001	0.599	454.624
1983	548.500	0.002	1.097	453.300	0.012	5.530	396.000	0.006	2.455	648.000	0.001	0.648	454.694
1984	717.800	0.002	1.436	616.900	0.012	7.526	585.100	0.006	3.628	752.100	0.001	0.752	623.435
1985	676.800	0.002	1.354	617.000	0.012	7.527	577.600	0.006	3.581	851.800	0.001	0.852	622.146
1986	766.500	0.002	1.533	1237.200	0.012	15.094	611.300	0.006	3.790	684.700	0.001	0.685	986.056
1987	686.000	0.002	1.372	971.300	0.012	11.850	570.900	0.006	3.540	743.400	0.001	0.743	817.983
1988	761.700	0.002	1.523	556.400	0.012	6.788	515.000	0.006	3.193	660.900	0.001	0.661	568.476
1989	604.600	0.002	1.209	460.700	0.012	5.621	657.000	0.006	4.073	600.700	0.001	0.601	537.563
1990	732.100	0.002	1.464	603.600	0.012	7.364	467.500	0.006	2.899	713.400	0.001	0.713	581.309
1991	753.600	0.002	1.507	652.200	0.012	7.957	647.500	0.006	4.015	744.700	0.001	0.745	664.637
1992	772.700	0.002	1.545	766.300	0.012	9.349	766.300	0.006	4.751	757.800	0.001	0.758	766.501
1993	588.300	0.002	1.177	564.900	0.012	6.892	544.000	0.006	3.373	578.000	0.001	0.578	561.644
1994	642.500	0.002	1.285	588.600	0.012	7.181	494.000	0.006	3.063	690.000	0.001	0.690	570.968
1995	744.700	0.002	1.489	890.500	0.012	10.864	707.100	0.006	4.384	869.200	0.001	0.869	822.744
1996	712.900	0.002	1.426	639.500	0.012	7.802	368.500	0.006	2.285	778.400	0.001	0.778	574.336
1997	853.800	0.002	1.708	554.100	0.012	6.760	479.100	0.006	2.970	740.400	0.001	0.740	569.086
1998	495.800	0.002	0.992	472.500	0.012	5.765	699.500	0.006	4.337	595.900	0.001	0.596	546.210
1999	869.700	0.002	1.739	530.300	0.012	6.470	786.600	0.006	4.877	759.300	0.001	0.759	646.976
2000	548.300	0.002	1.097	539.400	0.012	6.581	536.500	0.006	3.326	674.700	0.001	0.675	545.714
2001	796.300	0.002	1.593	659.000	0.012	8.040	689.200	0.006	4.273	630.400	0.001	0.630	679.245
2002	771.100	0.002	1.542	697.800	0.012	8.513	537.000	0.006	3.329	516.300	0.001	0.516	649.582
2003	859.700	0.002	1.719	767.900	0.012	9.368	484.500	0.006	3.004	773.700	0.001	0.774	694.644
2004	833.400	0.002	1.667	854.400	0.012	10.424	487.000	0.006	3.019	716.200	0.001	0.716	739.536
2005	588.600	0.002	1.177	509.000	0.012	6.210	287.500	0.006	1.783	680.200	0.001	0.680	460.266
2006	720.300	0.002	1.441	838.000	0.012	10.224	612.500	0.006	3.798	800.240	0.001	0.800	759.904
2007	838.800	0.002	1.678	926.100	0.012	11.298	700.100	0.006	4.341	896.100	0.001	0.896	851.063
2008	892.900	0.002	1.786	869.000	0.012	10.602	739.500	0.006	4.585	769.400	0.001	0.769	829.061
2009	712.700	0.002	1.425	955.000	0.012	11.651	610.300	0.006	3.784	702.800	0.001	0.703	820.704
2010	635.000	0.002	1.270	277.200	0.012	3.382	597.400	0.006	3.704	966.800	0.001	0.967	435.632
2011	517.700	0.002	1.035	300.000	0.012	3.660	499.800	0.006	3.099	737.600	0.001	0.738	398.680
2012	583.000	0.002	1.166	641.400	0.012	7.825	578.900	0.006	3.589	712.600	0.001	0.713	621.162
2013	916.000	0.002	1.832	234.200	0.012	2.857	683.600	0.006	4.238	986.500	0.001	0.987	463.274
2014	991.580	0.002	1.983	985.800	0.012	12.027	583.800	0.006	3.620	1045.600	0.001	1.046	872.667
2015	938.200	0.002	1.876	823.700	0.012	10.049	690.500	0.006	4.281	982.500	0.001	0.983	803.231
2016	787.200	0.002	1.574	660.700	0.012	8.061	587.300	0.006	3.641	999.300	0.001	0.999	667.079
2017	855.100	0.002	1.710	760.200	0.012	9.274	720.500	0.006	4.467	853.400	0.001	0.896	757.438
2018	821.700	0.002	1.643	688.100	0.012	8.395	604.700	0.006	3.749	1002.600	0.001	1.003	691.120
2019	804.600	0.002	1.609	686.300	0.012	8.373	336.600	0.006	2.087	854.320	0.001	2.365	591.617
2020	758.000	0.002	1.580	914.500	0.012	11.157	506.320	0.006	4.562	945.236	0.001	1.257	914.500
2021	869.000	0.002	1.723	622.500	0.012	7.595	648.230	0.006	3.255	796.235	0.001	0.569	622.500

Lázaro Cárdenas

Año	Tlaxco			Terrenate			Ixtacamaxtitlan			Atlangatepec			L. Cárdenas
	Precipitación	Distancia	Resultado	Precipitación	Distancia	Resultado	Precipitación	Distancia	Resultado	Precipitación	Distancia	Resultado	
1980	800.400	0.004	2.881	798.900	0.011	8.788	552.900	0.002	1.327	765.000	0.002	1.301	764.535
1981	711.400	0.004	2.561	870.400	0.011	9.574	778.000	0.002	1.867	898.400	0.002	1.527	830.477
1982	611.200	0.004	2.200	453.800	0.011	4.992	382.500	0.002	0.918	598.700	0.002	1.018	488.124
1983	548.500	0.004	1.975	453.300	0.011	4.986	396.000	0.002	0.950	648.000	0.002	1.102	481.973
1984	717.800	0.004	2.584	616.900	0.011	6.786	585.100	0.002	1.404	752.100	0.002	1.279	644.534
1985	676.800	0.004	2.436	617.000	0.011	6.787	577.600	0.002	1.386	851.800	0.002	1.448	644.801
1986	766.500	0.004	2.759	1237.200	0.011	13.609	611.300	0.002	1.467	684.700	0.002	1.164	1016.027
1987	686.000	0.004	2.470	971.300	0.011	10.684	570.900	0.002	1.370	743.400	0.002	1.264	844.270
1988	761.700	0.004	2.742	556.400	0.011	6.120	515.000	0.002	1.236	660.900	0.002	1.124	600.110
1989	604.600	0.004	2.177	460.700	0.011	5.068	657.000	0.002	1.577	600.700	0.002	1.021	526.324
1990	732.100	0.004	2.636	603.600	0.011	6.640	467.500	0.002	1.122	713.400	0.002	1.213	620.852
1991	753.600	0.004	2.713	652.200	0.011	7.174	647.500	0.002	1.554	744.700	0.002	1.266	679.527
1992	772.700	0.004	2.782	766.300	0.011	8.429	766.300	0.002	1.839	757.800	0.002	1.288	766.759
1993	588.300	0.004	2.118	564.900	0.011	6.214	544.000	0.002	1.306	578.000	0.002	0.983	567.913
1994	642.500	0.004	2.313	588.600	0.011	6.475	494.000	0.002	1.186	690.000	0.002	1.173	596.053
1995	744.700	0.004	2.681	890.500	0.011	9.796	707.100	0.002	1.697	869.200	0.002	1.478	836.957
1996	712.900	0.004	2.566	639.500	0.011	7.035	368.500	0.002	0.884	778.400	0.002	1.323	631.477
1997	853.800	0.004	3.074	554.100	0.011	6.095	479.100	0.002	1.150	740.400	0.002	1.259	619.107
1998	495.800	0.004	1.785	472.500	0.011	5.198	699.500	0.002	1.679	595.900	0.002	1.013	517.337
1999	869.700	0.004	3.131	530.300	0.011	5.833	786.600	0.002	1.888	759.300	0.002	1.291	649.351
2000	548.300	0.004	1.974	539.400	0.011	5.933	536.500	0.002	1.288	674.700	0.002	1.147	553.041
2001	796.300	0.004	2.867	659.000	0.011	7.249	689.200	0.002	1.654	630.400	0.002	1.072	686.708
2002	771.100	0.004	2.776	697.800	0.011	7.676	537.000	0.002	1.289	516.300	0.002	0.878	674.774
2003	859.700	0.004	3.095	767.900	0.011	8.447	484.500	0.002	1.163	773.700	0.002	1.315	749.728
2004	833.400	0.004	3.000	854.400	0.011	9.398	487.000	0.002	1.169	716.200	0.002	1.218	790.641
2005	588.600	0.004	2.119	509.000	0.011	5.599	287.500	0.002	0.690	680.200	0.002	1.156	511.460
2006	720.300	0.004	2.593	838.000	0.011	9.218	612.500	0.002	1.470	800.240	0.002	1.360	782.967
2007	838.800	0.004	3.020	926.100	0.011	10.187	700.100	0.002	1.680	896.100	0.002	1.523	877.561
2008	892.900	0.004	3.214	869.000	0.011	9.559	739.500	0.002	1.775	769.400	0.002	1.308	847.926
2009	712.700	0.004	2.566	955.000	0.011	10.505	610.300	0.002	1.465	702.800	0.002	1.195	841.187
2010	635.000	0.004	2.286	277.200	0.011	3.049	597.400	0.002	1.434	966.800	0.002	1.644	449.867
2011	517.700	0.004	1.864	300.000	0.011	3.300	499.800	0.002	1.200	737.600	0.002	1.254	407.335
2012	583.000	0.004	2.099	641.400	0.011	7.055	578.900	0.002	1.389	712.600	0.002	1.211	628.609
2013	916.000	0.004	3.298	234.200	0.011	2.576	683.600	0.002	1.641	986.500	0.002	1.677	491.524
2014	991.580	0.004	3.570	985.800	0.011	10.844	583.800	0.002	1.401	1045.600	0.002	1.778	940.756
2015	938.200	0.004	3.378	823.700	0.011	9.061	690.500	0.002	1.657	982.500	0.002	1.670	843.084
2016	787.200	0.004	2.834	660.700	0.011	7.268	587.300	0.002	1.410	999.300	0.002	1.699	706.414
2017	855.100	0.004	3.078	760.200	0.011	8.362	720.500	0.002	1.729	853.400	0.002	1.785	774.692
2018	821.700	0.004	2.958	688.100	0.011	7.569	604.700	0.002	1.451	1002.600	0.002	1.704	731.707
2019	804.600	0.004	2.897	686.300	0.011	7.549	336.600	0.002	0.808	854.320	0.002	1.645	661.982
2020	758.000	0.004	3.272	914.500	0.011	10.060	506.320	0.002	1.230	945.236	0.002	1.485	914.500
2021	869.000	0.004	2.548	622.500	0.011	6.848	648.230	0.002	1.462	796.235	0.002	1.322	622.500

Ixtenco

Año	Cuapixtla			Huamantla			Zitlaltepec			Acajete			Ixtenco
	Precipitación	Distancia	Resultado	Precipitación	Distancia	Resultado	Precipitación	Distancia	Resultado	Precipitación	Distancia	Resultado	
1980	691.300	0.005	3.457	561.100	0.018	9.988	806.500	0.034	27.018	842.000	0.004	3.115	726.287
1981	855.100	0.005	4.276	781.000	0.018	13.902	942.200	0.034	31.564		0.004	0.000	829.017
1982	503.400	0.005	2.517	534.500	0.018	9.514	583.000	0.034	19.531		0.004	0.000	526.027
1983	390.500	0.005	1.953	435.000	0.018	7.743	315.731	0.034	10.577	656.000	0.004	2.427	378.328
1984	738.200	0.005	3.691	454.200	0.018	8.085	814.200	0.034	27.276	657.000	0.004	2.431	691.373
1985	590.400	0.005	2.952	658.500	0.018	11.721	714.500	0.034	23.936		0.004	0.000	643.484
1986	287.800	0.005	1.439	516.700	0.018	9.197	690.500	0.034	23.132	880.000	0.004	3.256	617.067
1987	249.600	0.005	1.248	605.200	0.018	10.773	743.700	0.034	24.914	646.400	0.004	2.392	655.437
1988	630.600	0.005	3.153	589.800	0.018	10.498	493.500	0.034	16.532	925.000	0.004	3.423	560.103
1989	463.300	0.005	2.317	497.800	0.018	8.861	357.454	0.034	11.975	731.500	0.004	2.707	430.977
1990	525.100	0.005	2.626	593.700	0.018	10.568	241.999	0.034	8.107		0.004	0.000	355.006
1991	515.500	0.005	2.578	647.500	0.018	11.526	366.714	0.034	12.285	511.300	0.004	1.892	471.329
1992	742.896	0.005	3.714	829.000	0.018	14.756	985.500	0.034	33.014	920.300	0.004	3.405	914.834
1993	350.945	0.005	1.755	463.230	0.018	8.245	551.300	0.034	18.469	525.200	0.004	1.943	506.867
1994	471.158	0.005	2.356	664.560	0.018	11.829	734.000	0.034	24.589	428.000	0.004	1.584	672.626
1995	642.299	0.005	3.211	831.500	0.018	14.801	718.000	0.034	24.053		0.004	0.000	701.087
1996	461.309	0.005	2.307	664.000	0.018	11.819	784.000	0.034	26.264		0.004	0.000	673.162
1997	565.529	0.005	2.828	700.900	0.018	12.476	841.000	0.034	28.174		0.004	0.000	724.619
1998	544.300	0.005	2.722	590.200	0.018	10.506	787.700	0.034	26.388		0.004	0.000	660.250
1999	669.500	0.005	3.348	699.100	0.018	12.444	816.900	0.034	27.366		0.004	0.000	719.294
2000	585.100	0.005	2.926	460.200	0.018	8.192	510.800	0.034	17.112	414.000	0.004	1.532	496.011
2001	672.400	0.005	3.362	667.500	0.018	11.882	791.000	0.034	26.499	723.700	0.004	2.678	740.328
2002	632.700	0.005	3.164	614.500	0.018	10.938	945.500	0.034	31.674		0.004	0.000	762.931
2003	584.700	0.005	2.924	706.200	0.018	12.570	856.000	0.034	28.676		0.004	0.000	736.164
2004	540.500	0.005	2.703	614.200	0.018	10.933	1040.800	0.034	34.867		0.004	0.000	808.368
2005	477.800	0.005	2.389	442.700	0.018	7.880	590.500	0.034	19.782		0.004	0.000	500.847
2006	616.000	0.005	3.080	557.100	0.018	9.916	966.900	0.034	32.391		0.004	0.000	756.459
2007	598.400	0.005	2.992	628.000	0.018	11.178	764.800	0.034	25.621	862.400	0.004	3.191	716.368
2008	662.900	0.005	3.315	680.700	0.018	12.116	673.700	0.034	22.569	883.000	0.004	3.267	687.784
2009	485.000	0.005	2.425	597.700	0.018	10.639	862.000	0.034	28.877	784.600	0.004	2.903	747.401
2010	547.100	0.005	2.736	697.600	0.018	12.417	956.900	0.034	32.056	863.500	0.004	3.195	840.065
2011	515.100	0.005	2.576	618.100	0.018	11.002	647.000	0.034	21.675	720.100	0.004	2.664	631.943
2012	554.300	0.005	2.772	680.700	0.018	12.116	965.200	0.034	32.334	777.900	0.004	2.878	835.007
2013	732.200	0.005	3.661	920.900	0.018	16.392	1051.600	0.034	35.229	790.800	0.004	2.926	970.126
2014	743.700	0.005	3.719	970.200	0.018	17.270	1049.900	0.034	35.172	971.700	0.004	3.595	995.917
2015	855.900	0.005	4.280	784.200	0.018	13.959	1028.300	0.034	34.448	852.800	0.004	3.155	930.695
2016	779.600	0.005	3.898	790.800	0.018	14.076	895.300	0.034	29.993	763.000	0.004	2.823	846.498
2017	562.500	0.005	2.813	507.000	0.018	9.025	812.445	0.034	27.217	1117.900	0.004	4.136	719.837
2018	747.000	0.005	3.735	816.600	0.018	14.535	1028.700	0.034	34.461	787.500	0.004	2.914	927.428
2019	622.400	0.005	3.112	698.000	0.018	12.424	773.098	0.034	25.899	637.500	0.004	2.359	729.899
2020	447.000	0.005	2.235	746.900	0.018	13.295	780.586	0.034	26.150		0.004	0.000	694.658
2021	777.000	0.005	3.885	522.800	0.018	9.306	712.257	0.034	23.861		0.004	0.000	617.524

San José Teacalco

Año	Amazac			Huamantla			Tocatlán			Apizaco			S. J. T
	Precipitación	Distancia	Resultado	Precipitación	Distancia	Resultado	Precipitación	Distancia	Resultado	Precipitación	Distancia	Resultado	
1980		0.008	0.000	561.100	0.005	2.525	901.000	0.019	17.029	1001.700	0.007	7.112	692.621
1981	372.800	0.008	2.982	781.000	0.005	3.515	1016.000	0.019	19.202	837.400	0.007	5.946	821.944
1982		0.008	0.000	534.500	0.005	2.405	571.800	0.019	10.807	574.300	0.007	4.078	449.086
1983		0.008	0.000	435.000	0.005	1.958	478.870	0.019	9.051	849.100	0.007	6.029	442.513
1984		0.008	0.000	454.200	0.005	2.044	940.300	0.019	17.772	945.500	0.007	6.713	689.055
1985		0.008	0.000	658.500	0.005	2.963	688.400	0.019	13.011	941.300	0.007	6.683	588.500
1986		0.008	0.000	516.700	0.005	2.325	572.000	0.019	10.811	987.000	0.007	7.008	523.212
1987	793.600	0.008	6.349	605.200	0.005	2.723	719.000	0.019	13.589	1003.700	0.007	7.126	773.703
1988	786.600	0.008	6.293	589.800	0.005	2.654	754.500	0.019	14.260	776.800	0.007	5.515	746.032
1989	574.500	0.008	4.596	497.800	0.005	2.240	557.107	0.019	10.529	667.200	0.007	4.737	574.092
1990	797.000	0.008	6.376	593.700	0.005	2.672	721.370	0.019	13.634	866.300	0.007	6.151	748.890
1991	905.300	0.008	7.242	647.500	0.005	2.914	798.577	0.019	15.093	964.000	0.007	6.844	833.601
1992	993.200	0.008	7.946	829.000	0.005	3.731	760.600	0.019	14.375	953.100	0.007	6.767	852.427
1993	752.100	0.008	6.017	463.230	0.005	2.085	427.000	0.019	8.070	654.200	0.007	4.645	540.687
1994	1016.800	0.008	8.134	664.560	0.005	2.991	737.500	0.019	13.939	835.200	0.007	5.930	805.028
1995	1151.000	0.008	9.208	831.500	0.005	3.742	791.000	0.019	14.950	915.200	0.007	6.498	893.443
1996	743.300	0.008	5.946	664.000	0.005	2.988	639.000	0.019	12.077	832.400	0.007	5.910	699.261
1997	908.100	0.008	7.265	700.900	0.005	3.154	726.500	0.019	13.731	824.700	0.007	5.855	779.352
1998	713.200	0.008	5.706	590.200	0.005	2.656	676.600	0.019	12.788	651.100	0.007	4.623	669.404
1999	867.200	0.008	6.938	699.100	0.005	3.146	675.800	0.019	12.773	862.700	0.007	6.125	752.762
2000	819.500	0.008	6.556	460.200	0.005	2.071	576.300	0.019	10.892	735.400	0.007	5.221	642.605
2001	856.900	0.008	6.855	667.500	0.005	3.004	642.000	0.019	12.134	707.700	0.007	5.025	701.751
2002	991.300	0.008	7.930	614.500	0.005	2.765	506.300	0.019	9.569	712.100	0.007	5.056	657.679
2003	1043.500	0.008	8.348	706.200	0.005	3.178	771.500	0.019	14.581	1069.400	0.007	7.593	875.324
2004	750.000	0.008	6.000	614.200	0.005	2.764	690.500	0.019	13.050	851.400	0.007	6.045	723.618
2005	652.000	0.008	5.216	442.700	0.005	1.992	591.400	0.019	11.177	598.000	0.007	4.246	587.829
2006	772.100	0.008	6.177	557.100	0.005	2.507	793.700	0.019	15.001	843.000	0.007	5.985	770.649
2007	895.500	0.008	7.164	628.000	0.005	2.826	774.500	0.019	14.638	731.500	0.007	5.194	774.590
2008	734.000	0.008	5.872	680.700	0.005	3.063	677.000	0.019	12.795	622.500	0.007	4.420	679.226
2009	357.000	0.008	2.856	597.700	0.005	2.690	744.900	0.019	14.079	850.000	0.007	6.035	666.474
2010	397.000	0.008	3.176	697.600	0.005	3.139	710.400	0.019	13.427	905.500	0.007	6.429	679.761
2011	960.000	0.008	7.680	618.100	0.005	2.781	604.500	0.019	11.425	694.500	0.007	4.931	696.557
2012	765.500	0.008	6.124	680.700	0.005	3.063	799.500	0.019	15.111	715.500	0.007	5.080	763.058
2013	1430.000	0.008	11.440	920.900	0.005	4.144	969.300	0.019	18.320	830.100	0.007	5.894	1033.702
2014	1671.000	0.008	13.368	970.200	0.005	4.366	946.000	0.019	17.879	1161.500	0.007	8.247	1139.219
2015	939.700	0.008	7.518	784.200	0.005	3.529	799.000	0.019	15.101	980.500	0.007	6.962	859.978
2016	905.000	0.008	7.240	790.800	0.005	3.559	924.000	0.019	17.464	953.500	0.007	6.770	909.923
2017	825.000	0.008	6.600	507.000	0.005	2.282	777.560	0.019	14.696	985.500	0.007	6.997	794.141
2018	601.000	0.008	4.808	816.600	0.005	3.675	827.226	0.019	15.635	1088.500	0.007	7.728	827.159
2019	1338.500	0.008	10.708	698.000	0.005	3.141	860.898	0.019	16.271	813.700	0.007	5.777	932.396
2020	1030.770	0.008	8.246	746.900	0.005	3.361	817.172	0.019	15.445	663.000	0.007	4.707	824.911
2021	821.900	0.008	6.575	522.800	0.005	2.353	756.228	0.019	14.293	1008.000	0.007	7.157	789.021

Tocatlán

Año	Terrenate			Huamantla			Apizaco			Amazac			Tocatlán
	Precipitación	Distancia	Resultado	Precipitación	Distancia	Resultado	Precipitación	Distancia	Resultado	Precipitación	Distancia	Resultado	
1983	453.300	0.005	2.267	435.000	0.006	2.436	849.100	0.007	5.689		0.004	0.000	478.870
1989	460.700	0.005	2.304	497.800	0.006	2.788	667.200	0.007	4.470	574.500	0.004	2.528	557.107
1990	603.600	0.005	3.018	593.700	0.006	3.325	866.300	0.007	5.804	797.000	0.004	3.507	721.370
1991	652.200	0.005	3.261	647.500	0.006	3.626	964.000	0.007	6.459	905.300	0.004	3.983	798.577
2017	760.200	0.005	3.801	507.000	0.006	2.839	985.500	0.007	6.603	825.000	0.004	3.630	777.560
2018	688.100	0.005	3.441	816.600	0.006	4.573	1088.500	0.007	7.293	601.000	0.004	2.644	827.226
2019	686.300	0.005	3.432	698.000	0.006	3.909	813.700	0.007	5.452	1338.500	0.004	5.889	860.898
2020	914.500	0.005	4.573	746.900	0.006	4.183	663.000	0.007	4.442	1030.770	0.004	4.535	817.172
2021	622.500	0.005	3.113	522.800	0.006	2.928	1008.000	0.007	6.754	821.900	0.004	3.616	756.228

Tzompantepec

Año	Terrenate			Huamantla			Tocatlán			Apizaco			Tzompantepec
	Precipitación	Distancia	Resultado	Precipitación	Distancia	Resultado	Precipitación	Distancia	Resultado	Precipitación	Distancia	Resultado	
1980	798.900	0.002	1.758	561.100	0.003	1.515	901.000	0.017	15.677	1001.700	0.022	22.338	925.737
1981	870.400	0.002	1.915	781.000	0.003	2.109	1016.000	0.017	17.678	837.400	0.022	18.674	905.291
1982	453.800	0.002	0.998	534.500	0.003	1.443	571.800	0.017	9.949	574.300	0.022	12.807	564.971
1983	453.300	0.002	0.997	435.000	0.003	1.175	478.870	0.017	8.332	849.100	0.022	18.935	660.068
1984	616.900	0.002	1.357	454.200	0.003	1.226	940.300	0.017	16.361	945.500	0.022	21.085	897.520
1985	617.000	0.002	1.357	658.500	0.003	1.778	688.400	0.017	11.978	941.300	0.022	20.991	809.518
1986	1237.200	0.002	2.722	516.700	0.003	1.395	572.000	0.017	9.953	987.000	0.022	22.010	808.965
1987	971.300	0.002	2.137	605.200	0.003	1.634	719.000	0.017	12.511	1003.700	0.022	22.383	866.906
1988	556.400	0.002	1.224	589.800	0.003	1.592	754.500	0.017	13.128	776.800	0.022	17.323	745.908
1989	460.700	0.002	1.014	497.800	0.003	1.344	557.107	0.017	9.694	667.200	0.022	14.879	603.808
1990	603.600	0.002	1.328	593.700	0.003	1.603	721.370	0.017	12.552	866.300	0.022	19.318	780.297
1991	652.200	0.002	1.435	647.500	0.003	1.748	798.577	0.017	13.895	964.000	0.022	21.497	864.922
1992	766.300	0.002	1.686	829.000	0.003	2.238	760.600	0.017	13.234	953.100	0.022	21.254	861.272
1993	564.900	0.002	1.243	463.230	0.003	1.251	427.000	0.017	7.430	654.200	0.022	14.589	549.596
1994	588.600	0.002	1.295	664.560	0.003	1.794	737.500	0.017	12.833	835.200	0.022	18.625	774.590
1995	890.500	0.002	1.959	831.500	0.003	2.245	791.000	0.017	13.763	915.200	0.022	20.409	860.460
1996	639.500	0.002	1.407	664.000	0.003	1.793	639.000	0.017	11.119	832.400	0.022	18.563	737.238
1997	554.100	0.002	1.219	700.900	0.003	1.892	726.500	0.017	12.641	824.700	0.022	18.391	765.546
1998	472.500	0.002	1.040	590.200	0.003	1.594	676.600	0.017	11.773	651.100	0.022	14.520	648.552
1999	530.300	0.002	1.167	699.100	0.003	1.888	675.800	0.017	11.759	862.700	0.022	19.238	763.483
2000	539.400	0.002	1.187	460.200	0.003	1.243	576.300	0.017	10.028	735.400	0.022	16.399	647.001
2001	659.000	0.002	1.450	667.500	0.003	1.802	642.000	0.017	11.171	707.700	0.022	15.782	677.232
2002	697.800	0.002	1.535	614.500	0.003	1.659	506.300	0.017	8.810	712.100	0.022	15.880	625.196
2003	767.900	0.002	1.689	706.200	0.003	1.907	771.500	0.017	13.424	1069.400	0.022	23.848	916.319
2004	854.400	0.002	1.880	614.200	0.003	1.658	690.500	0.017	12.015	851.400	0.022	18.986	774.416
2005	509.000	0.002	1.120	442.700	0.003	1.195	591.400	0.017	10.290	598.000	0.022	13.335	581.633
2006	838.000	0.002	1.844	557.100	0.003	1.504	793.700	0.017	13.810	843.000	0.022	18.799	806.212
2007	926.100	0.002	2.037	628.000	0.003	1.696	774.500	0.017	13.476	731.500	0.022	16.312	751.609
2008	869.000	0.002	1.912	680.700	0.003	1.838	677.000	0.017	11.780	622.500	0.022	13.882	659.445
2009	955.000	0.002	2.101	597.700	0.003	1.614	744.900	0.017	12.961	850.000	0.022	18.955	798.902
2010	277.200	0.002	0.610	697.600	0.003	1.884	710.400	0.017	12.361	905.500	0.022	20.193	785.807
2011	300.000	0.002	0.660	618.100	0.003	1.669	604.500	0.017	10.518	694.500	0.022	15.487	635.303
2012	641.400	0.002	1.411	680.700	0.003	1.838	799.500	0.017	13.911	715.500	0.022	15.956	742.509
2013	234.200	0.002	0.515	920.900	0.003	2.486	969.300	0.017	16.866	830.100	0.022	18.511	860.509
2014	985.800	0.002	2.169	970.200	0.003	2.620	946.000	0.017	16.460	1161.500	0.022	25.901	1057.178
2015	823.700	0.002	1.812	784.200	0.003	2.117	799.000	0.017	13.903	980.500	0.022	21.865	890.072
2016	660.700	0.002	1.454	790.800	0.003	2.135	924.000	0.017	16.078	953.500	0.022	21.263	917.698
2017	760.200	0.002	1.672	507.000	0.003	1.369	777.560	0.017	13.530	985.500	0.022	21.977	864.294
2018	688.100	0.002	1.514	816.600	0.003	2.205	827.226	0.017	14.394	1088.500	0.022	24.274	950.357
2019	686.300	0.002	1.510	698.000	0.003	1.885	860.898	0.017	14.980	813.700	0.022	18.146	818.825
2020	914.500	0.002	2.012	746.900	0.003	2.017	817.172	0.017	14.219	663.000	0.022	14.785	740.633
2021	622.500	0.002	1.370	522.800	0.003	1.412	756.228	0.017	13.158	1008.000	0.022	22.478	861.386

Xaloztoc

Año	Terrenate			Huamantla			Tocatlán			Apizaco			Xaloztoc
	Precipitación	Distancia	Resultado	Precipitación	Distancia	Resultado	Precipitación	Distancia	Resultado	Precipitación	Distancia	Resultado	
1980	798.900	0.004	3.355	561.100	0.004	1.964	901.000	0.074	66.854	1001.700	0.011	11.319	895.844
1981	870.400	0.004	3.656	781.000	0.004	2.734	1016.000	0.074	75.387	837.400	0.011	9.463	978.959
1982	453.800	0.004	1.906	534.500	0.004	1.871	571.800	0.074	42.428	574.300	0.011	6.490	565.385
1983	453.300	0.004	1.904	435.000	0.004	1.523	478.870	0.074	35.532	849.100	0.011	9.595	520.958
1984	616.900	0.004	2.591	454.200	0.004	1.590	940.300	0.074	69.770	945.500	0.011	10.684	908.102
1985	617.000	0.004	2.591	658.500	0.004	2.305	688.400	0.074	51.079	941.300	0.011	10.637	714.722
1986	1237.200	0.004	5.196	516.700	0.004	1.808	572.000	0.074	42.442	987.000	0.011	11.153	650.217
1987	971.300	0.004	4.079	605.200	0.004	2.118	719.000	0.074	53.350	1003.700	0.011	11.342	760.614
1988	556.400	0.004	2.337	589.800	0.004	2.064	754.500	0.074	55.984	776.800	0.011	8.778	742.091
1989	460.700	0.004	1.935	497.800	0.004	1.742	557.107	0.074	41.337	667.200	0.011	7.539	563.883
1990	603.600	0.004	2.535	593.700	0.004	2.078	721.370	0.074	53.526	866.300	0.011	9.789	728.840
1991	652.200	0.004	2.739	647.500	0.004	2.266	798.577	0.074	59.254	964.000	0.011	10.893	806.364
1992	766.300	0.004	3.218	829.000	0.004	2.902	760.600	0.074	56.437	953.100	0.011	10.770	786.765
1993	564.900	0.004	2.373	463.230	0.004	1.621	427.000	0.074	31.683	654.200	0.011	7.392	462.122
1994	588.600	0.004	2.472	664.560	0.004	2.326	737.500	0.074	54.723	835.200	0.011	9.438	739.896
1995	890.500	0.004	3.740	831.500	0.004	2.910	791.000	0.074	58.692	915.200	0.011	10.342	812.063
1996	639.500	0.004	2.686	664.000	0.004	2.324	639.000	0.074	47.414	832.400	0.011	9.406	663.410
1997	554.100	0.004	2.327	700.900	0.004	2.453	726.500	0.074	53.906	824.700	0.011	9.319	729.676
1998	472.500	0.004	1.985	590.200	0.004	2.066	676.600	0.074	50.204	651.100	0.011	7.357	661.066
1999	530.300	0.004	2.227	699.100	0.004	2.447	675.800	0.074	50.144	862.700	0.011	9.749	692.779
2000	539.400	0.004	2.265	460.200	0.004	1.611	576.300	0.074	42.761	735.400	0.011	8.310	589.567
2001	659.000	0.004	2.768	667.500	0.004	2.336	642.000	0.074	47.636	707.700	0.011	7.997	651.689
2002	697.800	0.004	2.931	614.500	0.004	2.151	506.300	0.074	37.567	712.100	0.011	8.047	543.945
2003	767.900	0.004	3.225	706.200	0.004	2.472	771.500	0.074	57.245	1069.400	0.011	12.084	805.004
2004	854.400	0.004	3.588	614.200	0.004	2.150	690.500	0.074	51.235	851.400	0.011	9.621	714.529
2005	509.000	0.004	2.138	442.700	0.004	1.549	591.400	0.074	43.882	598.000	0.011	6.757	582.903
2006	838.000	0.004	3.520	557.100	0.004	1.950	793.700	0.074	58.893	843.000	0.011	9.526	792.789
2007	926.100	0.004	3.890	628.000	0.004	2.198	774.500	0.074	57.468	731.500	0.011	8.266	770.617
2008	869.000	0.004	3.650	680.700	0.004	2.382	677.000	0.074	50.233	622.500	0.011	7.034	679.183
2009	955.000	0.004	4.011	597.700	0.004	2.092	744.900	0.074	55.272	850.000	0.011	9.605	761.583
2010	277.200	0.004	1.164	697.600	0.004	2.442	710.400	0.074	52.712	905.500	0.011	10.232	714.052
2011	300.000	0.004	1.260	618.100	0.004	2.163	604.500	0.074	44.854	694.500	0.011	7.848	602.201
2012	641.400	0.004	2.694	680.700	0.004	2.382	799.500	0.074	59.323	715.500	0.011	8.085	777.729
2013	234.200	0.004	0.984	920.900	0.004	3.223	969.300	0.074	71.922	830.100	0.011	9.380	917.478
2014	985.800	0.004	4.140	970.200	0.004	3.396	946.000	0.074	70.193	1161.500	0.011	13.125	974.831
2015	823.700	0.004	3.460	784.200	0.004	2.745	799.000	0.074	59.286	980.500	0.011	11.080	821.563
2016	660.700	0.004	2.775	790.800	0.004	2.768	924.000	0.074	68.561	953.500	0.011	10.775	910.709
2017	760.200	0.004	3.193	507.000	0.004	1.775	777.560	0.074	57.695	985.500	0.011	11.136	791.829
2018	688.100	0.004	2.890	816.600	0.004	2.858	827.226	0.074	61.380	1088.500	0.011	12.300	852.236
2019	686.300	0.004	2.882	698.000	0.004	2.443	860.898	0.074	63.879	813.700	0.011	9.195	841.190
2020	914.500	0.004	3.841	746.900	0.004	2.614	817.172	0.074	60.634	663.000	0.011	7.492	800.226
2021	622.500	0.004	2.615	522.800	0.004	1.830	756.228	0.074	56.112	1008.000	0.011	11.390	771.961

Zitlaltepec

Año	Huamantla			Acajete			San Salvador			Ixtenco			Zitlaltepec
	Precipitación	Distancia	Resultado	Precipitación	Distancia	Resultado	Precipitación	Distancia	Resultado	Precipitación	Distancia	Resultado	
1983	435.000	0.007	3.176	656.000	0.009	5.642	501.900	0.001	0.552	202.045	0.035	7.112	315.731
1989	497.800	0.007	3.634	731.500	0.009	6.291	535.500	0.001	0.589	231.398	0.035	8.145	357.454
1990	593.700	0.007	4.334		0.009	0.000	507.500	0.001	0.558	219.889	0.035	7.740	241.999
1991	647.500	0.007	4.727	511.300	0.009	4.397	577.200	0.001	0.635	266.580	0.035	9.384	366.714
2017	507.000	0.007	3.701	1117.900	0.009	9.614		0.001	0.000	801.161	0.035	28.201	812.445
2019	698.000	0.007	5.095	637.500	0.009	5.483		0.001	0.000	821.802	0.035	28.927	773.098
2020	746.900	0.007	5.452		0.009	0.000		0.001	0.000	787.572	0.035	27.723	780.586
2021	522.800	0.007	3.816		0.009	0.000		0.001	0.000	751.548	0.035	26.454	712.257

Anexo 2

Instrumento de Cuestionario**Datos Demográficos:**

1.- Edad:

2.- Localidad:

3.- Años de escuela:

4.- Años trabajando el campo:

a) su parcela:

b) jornalero:

Información sobre Cultivos:

5.- ¿Cuántas hectáreas siembra actualmente? (Marque lo que crea conveniente)

- Menos de 1 hectárea ☐
- De 1 a 3 hectáreas ☐
- De 3 a 6 hectáreas ☐
- De 6 a 10 hectáreas ☐
- Más de 10 hectáreas ☐

6.- ¿Cuántas hectáreas siembra en condiciones de temporal?

- Menos de 1 hectárea ☐
- De 1 a 3 hectáreas ☐
- De 3 a 6 hectáreas ☐
- De 6 a 10 hectáreas ☐
- Más de 10 hectáreas ☐

7.- ¿Cuántas hectáreas siembra en condiciones de riego?

- Menos de 1 hectárea ☐
- De 1 a 3 hectáreas ☐
- De 3 a 6 hectáreas ☐
- De 6 a 10 hectáreas ☐

- Más de 10 hectáreas ☐
- Ninguna ☐

8.- ¿Cuánto se gasta en la siembra de esas hectáreas?

9.- ¿En qué es lo que se gasta más?

10.- ¿Cuáles son los cultivos que siembra? (Marque todos los que apliquen)

- Maíz ☐
- Frijol ☐
- Trigo ☐
- Cebada ☐
- Calabaza ☐
- Otros ☐

11.- ¿Qué cultivo siembra más frecuentemente?

- Maíz ☐
- Frijol ☐
- Trigo ☐
- Cebada ☐
- Calabaza ☐
- Otro ☐

12.- ¿Qué forma de agricultura utiliza en su cultivo principal? (Marque todas las que apliquen)

- Agricultura tradicional ☐
- Agricultura moderna ☐

Producción

13.- ¿Cuántas teladas o kilogramos por hectárea cosecha al año de maíz bajo temporal actualmente?

14.- ¿Cuántas teladas por hectárea de maíz bajo temporal cosechó?

a) hace 5 años:

b) hace 10 años:

c) hace 20 años:

d) otra:

Percepción Climática

15.- ¿Qué factores climáticos considera que más le perjudican? (Seleccione uno o más)

- Heladas ☐
- Sequías ☐
- Lluvias intensas ☐
- Granizo ☐
- Otros ☐

16.- ¿Del 1 al 5 que tanto le perjudican las heladas al cultivo del maíz?

- 1 (Nada) ☐
- 2 (Casi nada) ☐
- 3 (Regular) ☐
- 4 (Mucho) ☐
- 5 (Excesivo) ☐

17.- ¿Del 1 al 5 que tanto le perjudican las sequías al cultivo del maíz?

- 1 (Nada) ☐
- 2 (Casi nada) ☐

- 3 (Regular) ☐
- 4 (Mucho) ☐
- 5 (Excesivo) ☐

18.- ¿Del 1 al 5 que tanto le perjudican las lluvias intensas al cultivo del maíz?

- 1 (Nada) ☐
- 2 (Casi nada) ☐
- 3 (Regular) ☐
- 4 (Mucho) ☐
- 5 (Excesivo) ☐

19.- ¿Cómo ha notado la temperatura en los últimos años?

- Ha aumentado ☐
- Ha disminuido ☐
- No ha cambiado ☐

20.- En una escala del 1 al 5, ¿cuánto considera que el clima ha afectado su producción agrícola en los últimos años?

- 1 (Nada) ☐
- 2 (Casi nada) ☐
- 3 (Regular) ☐
- 4 (Mucho) ☐
- 5 (Excesivo) ☐

Apoyos y Recursos:

21.- ¿Ha recibido algún tipo de apoyo o subsidio para su actividad agrícola?

- Sí ☐
- No ☐
- Si respondió "Sí", ¿qué tipo de apoyo ha recibido?

Uso de cañones antigranizo:

22.- ¿Está al tanto de qué empresas en su zona utilizan cañones antigranizo?

- Sí ☐
- No ☐
- De responder sí ¿Cuáles son?

23.- ¿Cree que el uso de cañones antigranizo por empresas afecta sus cosechas?

- Sí, negativamente ☐
- No ☐
- No estoy seguro ☐
- ☐
- Si considera que les afecta negativamente, ¿cómo describiría ese impacto?

24.- ¿Cree que debería haber regulaciones sobre el uso de cañones antigranizo en su localidad?

- Sí ☐
- No ☐
- No estoy seguro ☐

25.- ¿Qué otras soluciones considerarían necesarias para mitigar los efectos de los cañones antigranizo en sus cultivos?

Recursos y Tecnología:

26.- ¿Qué tipo de tecnología utiliza en su actividad agrícola? (Marque todas las que apliquen)

- Sistemas de riego ☐
- Drones para monitoreo ☐
- Otros ☐
- Ninguno de los anteriores ☐

27.- ¿Ha asistido a talleres o capacitaciones sobre técnicas agrícolas en los últimos años?

- Sí ☐
- No ☐

28.- ¿Cómo se siente acerca del futuro de la agricultura en su región?

- Muy optimista ☐
- Optimista ☐
- Neutral ☐
- Pesimista ☐
- Muy pesimista ☐

29.- ¿Qué cambios consideraría necesarios para mejorar su producción agrícola?

Plagas

30.- En una escala del 1 al 5, ¿cuánto considera que las plagas han afectado su producción agrícola en los últimos años?

- 1 (Nada) ☐
- 2 (Casi nada) ☐
- 3 (Regular) ☐
- 4 (Mucho) ☐
- 5 (Excesivo) ☐

31.- Mencione las plagas que más le dañan a su cultivo.

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

32.- ¿Cómo hace el control de las plagas?

- a) Químico ☐
- b) Sin químicos ☐
- c) Ambos ☐
- d) Ninguno ☐

Anexo 3

Algunas fotografías de campo





