



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE PLANEACIÓN URBANA Y REGIONAL**



**Análisis de estrategias de mitigación y adaptación  
ante las Islas de Calor Urbanas en municipios  
centrales de la ZMVT (2010 – 2019)**

**TESIS**

Que para obtener el título de:

**Licenciada en Ciencias Ambientales**

PRESENTA:

**NAOMI ARANZA GÓMEZ CID**

DIRECTORA DE TESIS:

**DRA. BELINA GARCÍA FAJARDO**

**TOLUCA DE LERDO, ESTADO DE MÉXICO**

**Mayo, 2023**

## Contenido

RESUMEN .....	8
INTRODUCCIÓN .....	10
ANTECEDENTES.....	12
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	17
PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	25
HIPÓTESIS .....	25
OBJETIVOS.....	25
OBJETIVO GENERAL.....	25
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	26
JUSTIFICACIÓN.....	26
ENFOQUE GENERAL DEL TRABAJO .....	27
CAPÍTULO 1. MARCO CONCEPTUAL .....	28
1.1 VARIABILIDAD CLIMÁTICA .....	28
1.1.1 VARIABILIDAD CLIMÁTICA URBANA.....	28
1.1.2 MICROCLIMA .....	29
1.1.3 CLIMA URBANO.....	30
1.1.4 TEMPERATURAS.....	30
1.2 ISLAS DE CALOR.....	31
1.2.1 TIPOS, FORMAS Y CARACTERÍSTICAS .....	31
1.3 CAUSAS Y FACTORES.....	34
1.3.1 EMISIONES.....	34
1.3.2 ÁREAS VERDES URBANAS.....	36
1.3.3 ÍNDICE VERDE URBANO .....	37
1.3.4 ALBEDO.....	38
1.4 ZONAS METROPOLITANAS.....	39
1.4.1 TIPOS Y CARACTERÍSTICAS DE LAS ZONAS METROPOLITANAS .....	41
1.4.2 CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE TOLUCA (ZMVT).....	42
1.5 INSTRUMENTOS DE POLÍTICA PÚBLICA PARA LA ATENCIÓN DE LAS ICU.....	42
1.5.1 POLÍTICAS PÚBLICAS .....	43
1.5.2 INSTRUMENTOS .....	43
1.5.3 ESTRATEGIAS .....	44

1.5.4 ACCIONES DE MITIGACIÓN .....	44
1.5.5 MEDIDAS DE ADAPTACIÓN .....	45
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA .....	46
2.1 ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN .....	46
2.2 SELECCIÓN DE LOS CASOS DE ESTUDIO .....	46
2.3 DESCRIPCIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE TEMPERATURAS .....	48
2.4 ANÁLISIS DE CONTENIDO .....	50
2.5 ANÁLISIS DE LOS DATOS DE TEMPERATURA Y ESTRATEGIAS MUNICIPALES .....	53
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE COMPORTAMIENTO DE TEMPERATURAS EN LA ZONA DE ESTUDIO.....	55
3.1 CALIMAYA .....	55
3.1.1 Temperaturas máximas en Calimaya.....	56
3.1.2 Temperaturas mínimas de Calimaya.....	59
3.2 METEPEC .....	63
3.2.1 Temperaturas máximas en Metepec.....	64
3.2.2 Temperaturas mínimas en Metepec.....	65
3.3 TOLUCA.....	66
3.3.1 Temperaturas máximas en Toluca .....	66
3.3.2 Temperaturas mínimas en Toluca .....	69
3.4 ZINACANTEPEC.....	74
3.4.1 Temperaturas máximas en Zinacantepec .....	74
3.4.2 Temperaturas mínimas en Zinacantepec.....	77
CAPÍTULO 4. ANÁLISIS DE LOS INSTRUMENTOS CON INCIDENCIA DE LAS ISLAS DE CALOR URBANAS EN LOS MUNICIPIOS CENTRALES DE LA ZMVT .....	81
4.1 Instrumentos de Planeación de México (Federal) .....	81
4.1.1 Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales – PROMARNAT (2007 - 2012).....	82
4.1.2 Plan Nacional de Desarrollo – PND (2013 – 2018) .....	83
4.1.3 Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales – PROMARNAT (2013 – 2018) .....	84
4.1.4 Estrategia Nacional del Cambio Climático (2013).....	85
4.2 Instrumentos de Planeación del Estado de México .....	86
4.2.1 Plan de Desarrollo del Estado de México – PDEM (2012 – 2017) .....	87
4.2.2 Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático – PEACC (2013) .....	87

4.2.3 Estrategia Estatal contra el Cambio Climático (2016) .....	89
4.2.4 Plan de Desarrollo del Estado de México – PDEM (2017 – 2023) .....	90
4.3 Instrumentos de Planeación del municipio de Calimaya .....	92
4.3.1 Plan de Desarrollo Municipal de Calimaya – PMD (2019-2021) .....	92
4.3.2 Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Calimaya – PMDU (2016-2018) 93	
4.4 Instrumentos de planeación del municipio de Metepec .....	95
4.4.1 Plan de Desarrollo Municipal de Metepec – PDM (2019-2021) .....	95
4.4.2 Modificación del Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Metepec - PMDU (2016-2018) .....	97
4.4.3 Plan de Acción Climática Municipal de Metepec – PACMUN (2017) .....	99
4.5 Instrumentos de planeación del municipio de Toluca. ....	101
4.5.1 Plan de Desarrollo Municipal de Toluca – PDM (2019-2021) .....	102
4.5.2 Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Toluca - PMDU (2016-2018). ...	104
4.5.3 Plan de Acción Climática Municipal de Toluca – PACMUN (2013-2015). .....	106
4.5.4 Plan de Desarrollo Municipal de Toluca (2016-2018). ....	108
4.5.5 Modificación del Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Toluca – PMDU (2018) .....	109
4.6 Instrumentos de Planeación del municipio de Zinacantepec .....	113
4.6.1 Plan de Desarrollo Municipal de Zinacantepec – PDM (2019-2021) .....	114
4.6.2 Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Zinacantepec – PMDU (2016-2018) .....	115
4.7 DISCUSIÓN GENERAL .....	117
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	126
5.1 CONCLUSIONES.....	126
5.2 RECOMENDACIONES .....	130
BIBLIOGRAFÍA .....	132
ANEXOS .....	140
1. Temperaturas máximas y mínimas en Calimaya .....	140
2. Temperaturas máximas y mínimas en Toluca.....	141
3. Temperaturas medias máximas y mínimas en Zinacantepec .....	142

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Temperaturas medias máximas de la estación Zoológico de Zacango en el 2010 - 2014.....	56
Gráfica 2. Temperaturas medias máximas de la estación Zoológico de Zacango en el 2015 - 2016.....	58
Gráfica 3. Temperaturas medias mínimas de la estación Zoológico de Zacango en el 2010 - 2012.....	60
Gráfica 4. Temperaturas medias mínimas de la estación Zoológico de Zacango en el 2013 - 2016.....	61
Gráfica 5. Temperaturas medias máximas de la estación Nueva Santa Elena en el 2010 - 2019.....	67
Gráfica 6. Temperaturas medias mínimas de la estación Nueva Santa Elena en el 2010 - 2016.....	70
Gráfica 7. Temperaturas medias mínimas de la estación Nueva Santa Elena en el 2017 - 2019.....	72
Gráfica 8. Temperaturas medias máximas de la estación Toluca (OBS) en el 2010 - 2019.....	75
Gráfica 9. Temperaturas medias mínimas de la estación Toluca (OBS) en el 2010 - 2019.....	77
Gráfica 10. Media máxima mensual de la zona centro de la ZMVT.....	79

## ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1. Municipios Centrales de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca.....	47
Mapa 2. Estaciones Meteorológicas en los municipios centrales de la ZMVT.....	48

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estaciones Meteorológicas de la ZMVT.....	49
Tabla 2. Categorías de las estrategias de adaptación y mitigación sobre Islas de Calor directas e indirectas.....	52
Tabla 3. Registros más altos de temperaturas máximas por mes (2010-2014).....	57
Tabla 4. Registros más altos de temperaturas máxima por mes (2015-2016).....	59
Tabla 5. Registros más altos de temperaturas mínimas por mes (2010-2012).....	60
Tabla 6. Registros Más Altos De Temperaturas Mínimas Por Mes (2014-2016).....	62
Tabla 7. Temperatura media máxima en Metepec (2010 - 2019).....	64
Tabla 8. Temperatura media mínima en Metepec (2010 - 2019).....	65
Tabla 9. Registros más altos de temperaturas máximas por mes (2010-2019).....	68
Tabla 10. Registros más altos de temperaturas mínimas por mes (2010-2016).....	71
Tabla 11. Registros más altos de temperaturas mínimas por mes (2017-2019).....	73
Tabla 12. Registros más altos de temperaturas máximas por mes (2010-2019).....	76
Tabla 13. Registros más altos de temperaturas mínimas por mes (2010-2019).....	78
Tabla 14. Estrategias de mitigación y adaptación en el PROMARNAT (2007 - 2012) en México.....	82

Tabla 15. Estrategias de adaptación de las Islas de Calor del PND (2013-2018) en México.....	83
Tabla 16. Estrategias de adaptación en el PROMARNAT (2013 - 2018) en México.	84
Tabla 17. Estrategias de mitigación en el PROMARNAT (2013 - 2018) en México ...	84
Tabla 18. Estrategias de adaptación en la Estrategia Nacional del Cambio Climático (2013) .....	85
Tabla 19. Estrategias de mitigación en la Estrategia Nacional del Cambio Climático (2013) .....	86
Tabla 20. Estrategias de adaptación en el Plan de Desarrollo del Estado de México (2012 - 2017) .....	87
Tabla 21. Estrategias de mitigación en el Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático (2013) .....	88
Tabla 22. Estrategias de adaptación en el Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático (2013) .....	88
Tabla 23. Estrategias de mitigación en la Estrategia Estatal contra el Cambio Climático (2016) .....	89
Tabla 24. Estrategias de adaptación en la Estrategia Estatal contra el Cambio Climático (2016) .....	90
Tabla 25. Estrategias de adaptación en el Plan de Desarrollo del Estado de México – PDEM (2017 – 2023) .....	91
Tabla 26. Estrategias de mitigación en el Plan de Desarrollo del Estado de México – PDEM (2017 – 2023) .....	91
Tabla 27. Estrategias de mitigación de las Islas de Calor del PMD (2019-2021) del municipio de Calimaya .....	92
Tabla 28. Estrategias de mitigación de las Islas de Calor del PMD (2019-2021) del municipio de Calimaya .....	93
Tabla 29. Estrategias de mitigación de las Islas de Calor del PMDU (2016-2018) del municipio de Calimaya .....	93
Tabla 30. Estrategias de adaptación de las Islas de Calor del PMDU (2016-2018) del municipio de Calimaya .....	94
Tabla 31. Estrategias de mitigación de las Islas de Calor del PDM (2019-2021) del municipio de Metepec .....	96
Tabla 32. Estrategias de mitigación de las Islas de Calor del PDMU (2016-2018) del municipio de Metepec .....	97
Tabla 33. Estrategias de adaptación de las Islas de Calor del PDMU (2016-2018) del municipio de Metepec .....	98
Tabla 34. Estrategias de mitigación de las Islas de Calor del PACMUN (2017) del municipio de Metepec .....	99
Tabla 35. Estrategias de adaptación de las Islas de Calor del PACMUN (2017) del municipio de Metepec .....	99
Tabla 36. Estrategias de mitigación de las Islas de Calor en el PDM (2019-2021) del municipio de Toluca.....	102
Tabla 37. Estrategias de adaptación de las Islas de Calor en el PDM (2019-2021) del municipio de Toluca .....	103

Tabla 38. Estrategias de mitigación de las Islas de Calor en el PMDU (2016-2018) del municipio de Toluca.....	105
Tabla 39. Estrategias de adaptación de las Islas de Calor en el PMDU (2016-2018) del municipio de Toluca .....	105
Tabla 40. Estrategias de mitigación de las Islas de Calor en el PACMUN (2013-2015) del municipio de Toluca .....	106
Tabla 41. Estrategias de adaptación de las Islas de Calor en el PACMUN (2013-2015) del municipio de Toluca .....	107
Tabla 42. Estrategias de mitigación de las Islas de Calor en el PDM (2016-2018) del municipio de Toluca.....	108
Tabla 43. Estrategias de adaptación de las Islas de Calor en el PDM (2016-2018) del municipio de Toluca .....	108
Tabla 44. Estrategias de mitigación de las Islas de Calor de la Modificación del PMDU (2018) del municipio de Toluca.....	110
Tabla 45. Estrategias de adaptación de las Islas de Calor de la Modificación del PMDU (2018) del municipio de Toluca.....	110
Tabla 46. Estrategias de mitigación de las Islas de Calor del PDM (2019-2021) del municipio de Zinacantepec.....	114
Tabla 47. Estrategias de adaptación de las Islas de Calor del PDM (2019-2021) del municipio de Zinacantepec.....	114
Tabla 48. Estrategias de mitigación de las Islas de Calor del PMDU (2016-2018) del municipio de Zinacantepec.....	115
Tabla 49. Estrategias de adaptación de las Islas de Calor del PMDU (2016-2018) del municipio de Zinacantepec.....	116
Tabla 50. Características de los municipios centrales de la ZMVT.....	118

## RESUMEN

La urbanización y la industrialización dentro de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT) ha tenido un rol central en cuanto a contener importantes asentamientos productivos y ser escenario de significativos fenómenos sociales y urbanos, tal como lo es el uso indiscriminado y consecuente deterioro de los recursos naturales y la expansión urbana irregular dentro de sus municipios.

Esta gran concentración convierte a las zonas urbanas en las áreas donde el asfalto, los edificios y el trazado de la red viaria modifica los balances de radiación entre el suelo y el aire circundante por lo que ya se observan cambios en la variabilidad climática donde predominan condiciones de alta vulnerabilidad ante el cambio climático que se traducen en un clima urbano característico cuyo rasgo más destacable es la formación de una isla de calor.

Por lo tanto, la metodología empleada en esta investigación consistió en analizar el comportamiento de las temperaturas mensuales (máximas y mínimas) y las estrategias de mitigación y adaptación de las Islas de Calor Urbanas en los municipios centrales de la ZMVT (Calimaya, Metepec, Toluca y Zinacantepec) durante el periodo 2010- 2019 a través de instrumentos de política pública local, esto con el apoyo de estaciones meteorológicas pertenecientes al Sistema meteorológico Nacional (SMN) e instrumentos de política pública como el Plan de Desarrollo Municipal (PDM), Plan Municipal de Desarrollo Urbano (PDMU) y el Plan de Acción Climática (PACMUN), con el fin de que se conozca si los gobiernos anteriores como actuales identifican este fenómeno como un problema real o se está dejando de lado debido a las distintas problemáticas que presenta cada municipio.

Los resultados muestran variaciones de temperaturas con respecto a su media mensual entre los diferentes casos de estudio. Comenzando con el municipio de Toluca, presentando mayores diferencias de temperatura, además de ser el más poblado, con la mayor cantidad de vehículos y con un déficit de áreas verdes a comparación de los otros 3 municipios. Sin embargo, fue el que mayor número de instrumentos territoriales y ambientales tuvo, presentando casos exitosos que



muestran un grado de avance en sus estrategias. En el caso de Metepec, se contaron con propuestas directas al fenómeno de ICU, a pesar de la invalidación de sus datos de temperatura, mientras que, Zinacantepec tuvo variaciones de temperatura por la cercanía a Toluca, además de que existió un aumento considerable de habitantes y de vehículos en un periodo de 10 años, al igual de que existió una escases de políticas orientadas a las ICU y al cambio climático en general. Por último, el municipio de Calimaya, además de presentar una carencia de políticas únicamente abordaron temas en cuidado del medio ambiente y calidad del aire, también presento un incremento notorio en sus temperaturas, población y vehículos.

Por último, esta investigación permitirá generar un antecedente sobre el comportamiento de temperaturas medias máximas que están incrementando a lo largo de los meses, que pueden incidir en la formación de las ICU, las cuales son un problema actual en las ciudades urbanizadas. Además, se espera que de paso a la implementación de nuevas políticas directas a la adaptación y mitigación ante esta problemática por parte de los gobiernos actuales.

## INTRODUCCIÓN

Las Islas de Calor Urbanas (ICU) son un fenómeno que actualmente se presenta en algunas zonas urbanizadas, a esto se suma el calor y la contaminación generada por el aumento de la población y el tráfico. Todo ello agrava las consecuencias del cambio climático en las mismas ciudades a largo plazo, provocando la disminución en la calidad de vida de sus habitantes. Por lo cual, su estudio se vuelve de gran relevancia conforme se asocian a las problemáticas antes mencionadas.

El estudio de las Islas de Calor para la Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT) resulta necesario dado los cambios de temperatura que se tiene con el paso del tiempo sobre esta zona, esto se va reflejando en las variaciones que tiene la temperatura media mensual en cada región, donde en este caso, los municipios que la conforman usualmente no superan los 28°C. Pero en los últimos 10 años se han reportado que los valores sobre la temperatura han sido superados por mucho.

Por lo tanto, la presente investigación se abordará en 5 capítulos, los cuales pretenden brindar una perspectiva completa de esta problemática y la manera de actuar por parte de los gobiernos de los municipios de Calimaya, Metepec, Toluca y Zinacantepec, mismos que pertenecen a la ZMVT.

En el capítulo 1, se mencionan y explican los conceptos básicos sobre los factores por las cuales se puedan dar las Islas de calor, con el objetivo de conocer el panorama que representa como problemática dentro de las ciudades, además de que se mencionan las principales herramientas de planeación estratégica dentro de los gobiernos municipales.

Dentro del capítulo 2, se explicará de manera detallada toda la metodología abordada durante esta investigación, con la intención de dar a entender la manera en que se obtuvieron los resultados tanto estadísticos como teóricos, con ayuda de la información recabada de diferentes fuentes y medios.

El capítulo 3, plantea un análisis detallado sobre los datos climáticos dentro del periodo del 2010 al 2019 de cada municipio. Mismas que se verán reflejados a través de métodos de representación como gráficas y tablas que exponen la variabilidad de temperatura a lo largo de los 12 meses del año.

El capítulo 4, se clasificaron por medio de tablas todas las líneas de acción, estrategias y objetivos que manejan directa o indirectamente la mitigación o en su caso la adaptación de las ICU en los 4 municipios de la zona centro de la ZMVT, mismos que se analizarán a modo de comparación con los programas y planes disponibles por cada municipio de la zona de estudio.

Por último, en el capítulo 5, se establecen las conclusiones a las que se llegó tras haber realizado el análisis de los resultados de temperatura, así como la evidencia en la existencia de las políticas públicas; además, se brindan posibles recomendaciones que satisfagan los problemas identificados tras la investigación en el mismo diagnóstico.

## ANTECEDENTES

“La creciente expansión de la mancha urbana que experimentan las ciudades ha derivado la generación de múltiples problemas ambientales para los [habitantes] que radican en las metrópolis [alrededor del mundo]; como una menor calidad del aire (mayor cantidad de gases contaminantes suspendidos en la atmósfera), reducción de los servicios ecosistémicos (captura de carbono y liberación de oxígeno), alteraciones en el clima [de cada región] (cambio climático a escala local) y una menor calidad de vida ambiental” (Quiñones, 2022). Derivado de ello, existen algunos estudios que permiten evidenciar el incremento de temperatura y la generación de ICU a lo largo de los años, así como los cambios y daños que han perjudicado a la población que habita en cada región por los distintos procesos de urbanización y expansión de las ciudades.

Desde el año 1818 ya se tenía registro del incremento de temperatura debido a la contaminación de las emanaciones y quema de combustible en la ciudad de Londres, en donde el climatólogo inglés Luke Howard publicó un libro donde evidencia sus observaciones sobre el clima de esta ciudad, de manera que utilizó una tabla de temperaturas del aire de dos lugares, siendo uno dentro de la ciudad y otro en la periferia, determinado que el aire de la ciudad era más tibio en la noche y más fresco en el día, que en el campo.

En 1855, el climatólogo francés E. Renou, encontró una diferencia de temperatura de 1 a 2°C° entre el centro de París y los suburbios, esto derivado del fenómeno al calor metabólico por parte de los parisinos y la gran cantidad de chimeneas que poseían las casas de dicha ciudad. Además de que puso en evidencia que, con la revolución industrial en Europa y Estados Unidos, se originó un crecimiento acelerado en las capitales de Berlín y Nueva York, donde se percibió que el aire urbano era más denso y turbio que el aire del campo.

Por otra parte, dentro de los estudios que se realizaron en México, se encuentra que, en 1899, se publicó un artículo titulado “Una comparación de los climas de México y Tacubaya” del climatólogo mexicano Manuel Moreno, donde se explica que los datos de las estaciones del Observatorio Meteorológico Central, siendo una

locación urbana, son totalmente distintos a los datos recabados del Observatorio Astronómico de Tacubaya, el cual en este caso era una estación rural, encontrando contrastes térmicos medios mensuales a lo largo de 2 años de estudio, en donde su evolución demuestra que la temperatura media anual dentro de la ciudad era de 1.1 a 1.4°C más alta que en el campo, determinado la existencia de la Isla de Calor Urbano.

Posteriormente, Jáuregui en 1986 retomó parte de la investigación anterior para seguir examinando la relación que se tiene entre la intensidad de la isla de calor y el tamaño de las ciudades tropicales, en donde explica que a medida que crece el tejido urbano y aumenta la densidad de las construcciones, se hace más lento el enfriamiento del aire urbano diurno y nocturno con respecto al aire rural. También añadió que las temperaturas mínimas del aire urbano en la Ciudad de México dentro del periodo de estudio (1879 a 1889) para un mes seco, el incremento fue de 0.18°C, siendo que la magnitud de la ICU era entonces pequeña, pero en gran proporción debido a la extensión de la ciudad.

En el año 1990, se publicó un artículo del autor Adalberto Tajeda, describiendo las alteraciones climáticas por la urbanización en Xalapa, Veracruz. En ella aborda el propósito de encontrar esas alteraciones en la temperatura dentro de la ciudad, donde se tomaron mediciones simultáneas de lluvia y temperaturas extremas en diversos puntos de la ciudad durante 8 meses, teniendo resultados que indicaron que existe una isla térmica obteniendo un incremento de 2°C, comparándolos con las temperaturas medias mensuales de dicha locación.

Después, en otro estudio por parte del Oke en 1991, se demostró por parte de una modelación que aquellas ciudades rodeadas de vegetación se caracterizan por islas de calor pequeñas en intensidad debido principalmente al menor contraste en las admitancias ciudad – campo, siendo el caso de la Ciudad de México a finales del siglo y durante la estación de lluvias, donde el contraste térmico del aire ciudadano nocturno respecto a la del campo fue de 1°C solamente. En cambio, en 1993 determinó en otro estudio que el sistema urbano interactúa tanto con el clima regional como a la escala global si las ciudades son los puntos donde se gasta la mayor cantidad de energía, donde las emisiones de la ciudad son la fuente

principal que conduce a cambios del clima, y es ahí donde deben de tomarse medidas para mitigación y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

Las Islas de Calor Urbano en Tampico se hicieron presentes, de acuerdo con un estudio por parte de Alberto Fuentes en el 2012, el cual nombro *Islas de calor urbano en Tampico, México. Impacto del microclima a la calidad del hábitat*, en donde demostró este fenómeno con base a la metodología de "la representación gráfica de la distribución espacial de la temperatura y sus alrededores mediante un mapa de isotermas, donde ésta presenta una disposición concéntrica, y señala la existencia de una isla térmica por efecto urbano a escala microclimática". Encontrando la existencia de ICU en los meses de invierno, en donde su temperatura aumento desde los 0.36°C hasta los 9.36°C en algunos puntos de la ciudad, en cambio también evidencio la existencia de este fenómeno en los meses de verano con un incremento que va desde 1.85°C hasta los 4.85°C, considerando que su temperatura media anual media ronda desde los 19.5°C hasta los 22°C.

Posteriormente, en el 2017 se publicó un artículo con el nombre de "La vegetación como sistema de control para las islas de calor urbano en ciudad Juárez, Chihuahua" por parte de María Salas. En ella se explica que, desde el 2014 ya se tenía la existencia de ICU en dicha ciudad, además en la metodología que utilizaron, se seleccionaron 5 áreas verdes dentro de la ciudad que poseían ciertas características particulares para su estudio: el tipo de vegetación existente, los materiales de la infraestructura y mobiliario, las actividades que se realizan en sus espacios, la densidad y ocupación de la zona, las características de las avenidas y la estructura urbana circundante. Mientras que, dentro de su análisis, se determinó el funcionamiento de cada parque con la diferencia de temperatura máxima que llegaba a tener con la sombra que su misma vegetación proporcionaba, encontrando diferencias de hasta los 3°C de reducción de temperatura en comparación con los sitios sin arbolado ni vegetación alguna.

En cambio, en el 2020, Daniel Alamilla Chan realizó un estudio dentro de la Zona Metropolitana de Guadalajara, a partir del análisis de datos de ocho estaciones meteorológicas de la Red Automática de Monitoreo Ambiental (RAMA),

proporcionado por la Comisión Estatal de Ecología de Jalisco, siendo que "la serie de datos incluye registros horarios de temperaturas medias anuales y humedad relativa, durante un período de 20 años entre 1999 y 2018". Además, menciona que su análisis con nivel de confianza es de 90% permitiendo visualizar un significativo incremento de temperaturas medias que van desde 0.6 a 0.8 °C, mientras el incremento de las temperaturas máximas alcanza 1.7 a 2.2 °C.

En ese mismo año, se publicó un artículo científico titulado "Urbanización y su relación con la isla de calor en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas" de Mariana Zavaleta. En el cual es un estudio a partir del Modelo de Mesoescala de Quinta Generación (MM5), en donde se compararon los resultados del modelo contra los valores observados por estaciones meteorológicas de la zona mediante un análisis cualitativo y cuantitativo, concluyendo que existió un incremento de las temperaturas en diferentes horas del día en un rango de 1.5°C hasta los 5°C.

Mientras que, en el 2021 se publicó un artículo por parte del investigador Martín López González abordando "La cobertura vegetal y la distribución de islas de calor/oasis urbanos en Hermosillo, Sonora" el cual menciona que su intención es dar a conocer: "la influencia del porcentaje de cobertura vegetal (CV) en la temperatura superficial del suelo y su distribución espacial a través de un sistema de información geográfica, utilizando datos de teledetección remota". Con ello, se llegó a la conclusión de que aumentar la cobertura del bosque urbano en un 10% tendría un efecto en la reducción de la temperatura máxima diaria de 0.11°C (IC al 95% 0.05-0.14), y una disminución de 0.4°C (IC al 95% 0.21-0.49) de la temperatura media del aire.

Por otra parte, dentro del Estado de México únicamente se han realizado estudios sobre las ICU dentro de la ciudad de Toluca, siendo algunos de ellos los siguientes:

Jáuregui realizó un investigación con respecto al tema de las ICU en 1977, ahora en la ciudad de Toluca en donde explica las diferencias térmicas ciudad/campo que acentúan tanto en el día como la noche, encontrando un incremento de 5°C en la temperatura en las mañanas dentro del centro cívico y comercial de la ciudad, mientras que en el periodo nocturno se encontró un incremento de 3°C a lo largo de la Av. Hidalgo y al norte del centro geométrico de la Toluca, además

de que la ICU mostró una variación estacional en Toluca, que fue más acentuada en la época de secas, mientras que en la estación lluviosa se reducen los contrastes térmicos de la ciudad.

Por otro lado, en el 2007 Morales Méndez publicó una investigación, en la cual el propósito era “identificar el clima urbano en la ciudad de Toluca, [donde] se tomaron en cuenta los datos climatológicos de la temperatura, precipitación, humedad relativa y vientos de [varios] años de registro, mismos que con base en los resultados se elaboraron mapas y gráficas a modo de representación espacial y temporal”. Además, describe que debido a las temperaturas elevadas que se registraron desde el centro de la ciudad hasta el aeropuerto, están presentes las islas de calor más evidentes tanto en el día ( $3^{\circ}\text{C}$ ) como en la noche ( $1.5^{\circ}\text{C}$  hasta  $2.5^{\circ}\text{C}$ ).

Finalmente, Sonia Romero (2022) realizó un artículo en el cual identifica las islas de calor de verano e invierno en la ciudad de Toluca, en el cual aborda un estudio con el apoyo de instrumentos de medición instalados en los sitios más concurridos de la ciudad. Con las lecturas de temperatura de la mañana se realizó un mapa de temperaturas diurnas y nocturnas del verano, en el cual se identifican los registros más elevados en la zona centro de la ciudad, y los menores se observaron hacia las partes menos urbanizadas ubicadas hacia el Este y Oeste de la ciudad, con una diferencia de  $5^{\circ}\text{C}$  entre un sitio y otro. Mientras que, la isla de calor nocturna de invierno también corresponde con el centro de la ciudad, el cual obtuvo una diferencia térmica de  $4,0^{\circ}\text{C}$  y  $5^{\circ}\text{C}$  durante el día.



## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los procesos actuales de industrialización y urbanización en la región centro del país, especialmente en la zona metropolitana del Valle de México (ZMVM) y de Toluca (ZMVT), “ha sido desde el siglo XX un espacio estratégico del desarrollo del país, contribuyendo en torno a una tercera parte del PIB nacional, además de contener importantes asentamientos productivos, y ser escenario de significativos fenómenos sociales y urbanos. En particular, la industria ahí establecida ha jugado un rol central para la dinámica regional y nacional, y si bien, se vio afectada por las transformaciones suscitadas en las últimas cuatro décadas, ésta sigue siendo fundamental” (Rojas, 2016). Pero a la vez, la SEMARNAT (2013) añade que trae consigo el “uso indiscriminado y consecuente deterioro de los recursos naturales, entre otros que representan un problema ambiental, social y económico que se [agudiza] por los efectos del cambio climático”.

De acuerdo con la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), éste se entiende como “un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables” (CMNUCC, 2014).

Con respecto a estos cambios de clima asociados a la actividad humana, el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) (2013) señala que los datos de promedios de temperatura de la superficie terrestre y oceánica muestran un calentamiento de 0.85° Centígrados (°C) a nivel global (IPCC, 2013). Asimismo, la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (NOAA) indica que en el año 2020 se registró un incremento de 0.94°C por encima del promedio la temperatura global de la superficie terrestre y oceánica del siglo XX, siendo normalmente de 15.6°C (NOAA, 2020).

A nivel regional, también se observan cambios en la variabilidad climática, se presentan incrementos de temperatura desde principios de los 80’s hasta mediados de la década del 2000, registrando en el Ártico un calentamiento significativo, por ejemplo, en la parte norte de Alaska la temperatura promedio aumentó hasta 3°C

y hasta 2°C en algunas regiones norte de la parte europea de Rusia (SEMARNAT, 2014).

En México, el INEGI (2020) reporta que gran extensión del país está presentando un aumento de temperatura, siendo mayor en el noroeste de México, en los últimos 50 años, el incremento promedio de la temperatura fue de 0.85°C, valor casi similar al reportado a nivel mundial para el periodo 1880-2012. De acuerdo con SEMARNAT (2014) el promedio anual de temperatura registrado en el periodo 1971-2011 alcanzó 20.9°C, señalando particularmente, que “desde el año 2005 los registros anuales de temperatura [promedio] han estado por arriba de los 21.4°C (con excepción del año 2010), cifras por arriba de años anteriores”.

Referente al aumento de temperatura en el país, se ha identificado una asociación con el incremento de la emisión de CO<sub>2</sub> en México se contribuyó en 2011 con el 1.4% de las emisiones globales y de acuerdo con estas cifras, se convierte en el décimo segundo país con mayores emisiones del mundo, y que contribuyen al aumento de Gases de Efecto Invernadero (GEI) con potencial de calentamiento (SEMARNAT, 2013).

Por otro lado, la ONU (2014) señala que en México predominan condiciones de alta vulnerabilidad ante el cambio climático, dando como consecuencias “la disminución de la producción y calidad de los alimentos, falta de disponibilidad de agua en las regiones semiáridas, pérdida de áreas forestales por incendios, biodiversidad y la pérdida de servicios ecosistémicos, la propagación de enfermedades transmitidas por vectores en altitud y latitud, alza del nivel del mar y fenómenos extremos en las zonas costeras”.

Mientras que la WWF (2020) señala que en particular el aumento de temperatura promedio global propicia el incremento de eventos climáticos extremos e indica que las personas están expuestas por ejemplo a olas de calor extremo al menos una vez cada 20 años sobre todo en las áreas urbanas.

Dado que “más del cincuenta por ciento de la población del planeta vive en áreas urbanas y se estima que ese porcentaje pase al 75% antes del 2050” (ONU-Hábitat, 2011), las áreas urbanas ocupan un papel central en el ámbito internacional sobre

el cambio climático, debido a que se identifican como un elemento clave en los procesos de crecimiento urbano.

García (2007) estima que los impactos del aumento de temperatura:

“Serán máximos en las zonas urbanas y serán éstas las que sufran las principales transformaciones, ligadas a las medidas de mitigación y adaptación, por el hecho de ser las áreas de mayor concentración de personas y actividades. Esta gran concentración convierte a las zonas urbanas en las áreas donde el asfalto, los edificios y el trazado de la red viaria modifica los balances de radiación entre el suelo y el aire circundante, reduce la evaporación, aumenta la escorrentía superficial y disminuye la velocidad del viento a la vez que aumenta la turbulencia. Todos estos cambios se traducen en un clima urbano característico cuyo rasgo más destacable es la formación de una isla de calor, debido al aumento térmico con relación a las áreas no urbanas”.

Asimismo, la WWF (2020) puntualiza la generación de estas Islas de Calor en ciudades con alta densidad de población. Las islas de calor en las ciudades generan temperaturas urbanas elevadas, que contribuyen al aumento de formación del smog urbano durante el día, debido a que “las emisiones de contaminantes precursores, así como como las tasas de reacciones fotoquímicas de la atmósfera aumentan” (Jiménez I. N., 2013). También, García (2007) afirma que “las calefacciones y aparatos de aire acondicionado son focos de calor que contribuyen al aumento térmico; con consecuencias muy negativas sobre la salud y la calidad de vida de sus habitantes”.

Otro relevante factor que agrava los efectos de las Islas de Calor es el aumento de la demanda del uso de vehículos motorizados en las zonas urbanas, debido al proceso de combustión de los combustibles fósiles, contribuyendo al aumento de los GEI, lo que provoca un incremento en la temperatura de las ciudades y el calentamiento global. En la tabla siguiente se muestra el aumento de los vehículos en un periodo de 10 años (2010-2019) en los municipios de Calimaya, Metepec, Toluca y Zinacantepec:

<b>Vehículos de motor registrados en circulación</b>				
	Calimaya	Metepec	Toluca	Zinacantepec
2010	5,846	78,224	257,797	23,206
2011	6,658	87,268	285,470	25,826
2012	7,874	97,138	315,387	29,120
2013	8,860	105,950	340,747	31,198
2014	9,695	113,670	361,682	33,140
2015	10,872	124,464	390,417	35,801
2016	12,008	134,535	416,930	38,381
2017	13,347	145,565	448,071	41,363
2018	13,373	146,948	455,809	41,952
2019	17,592	157,355	504,662	53,526

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2021).

Como se muestra en la tabla anterior, se registra un incremento considerable en los municipios de Toluca y Zinacantepec, de acuerdo con los datos que (INEGI, 2021) registra sobre los vehículos registrados en circulación, se muestra que en este primer municipio alcanzó un aumento del 95.7% (246,865 vehículos) mientras que el segundo aumentó un 130% (30,320 vehículos) respecto a los últimos 10 años. Sin embargo, existe un caso particular en el municipio de Metepec, en donde se identificó un incremento del 50.2%, los cuales representan 79,131 vehículos, rebasando la dinámica que tiene el municipio de Zinacantepec.

Por lo anterior, es importante considerar el aumento de los vehículos como una de las causas más relevantes de las Islas de Calor Urbanas sobre todo para los municipios centrales de la ZMVT debido a que el incremento tiende a ser gradual para cada municipio, siendo que existe una estrecha relación con el aumento de la población en estas zonas.

Por otro lado, los estudios iniciales para abordar las islas de calor se enfocaban a su identificación, caracterización, medición y su distribución espacial. De acuerdo con el INECC (2012), el entendimiento de estas islas puede dar paso a establecer "estrategias y programas generales a acciones específicas, en el que se cubra una gran gama de actividades de mitigación, adaptación, investigación y concientización sobre el fenómeno", complementándose con una variedad de atlas y mapas de riesgo, impactos y vulnerabilidad. Abarcando un amplio número de sectores.

Rodríguez (2013) señala que:

“Debido a la importancia de las variaciones climáticas, la adaptación debe ser un componente central de cualquier esfuerzo de combate al cambio climático y especialmente en el aumento de temperaturas para la reducción de emisiones o aumento de sumideros de GEI, lográndolo como resultado acciones a nivel nacional, regional y local. Para realizar el diseño, selección e implementación de acciones de adaptación se pueden llevar a cabo por medio del monitoreo del progreso de ciertos indicadores o por la evaluación del impacto de las acciones potenciales en términos tecnológicos, ambientales y económicos”.

Dado que las ciudades son parte del problema y dentro de los retos para lograr que sean sustentables y resilientes al cambio climático, es necesario enfocarse en las principales consecuencias, incluyendo las variaciones climáticas cuantificadas en términos de anomalías de precipitación, disponibilidad de agua y disminución en la producción agrícola.

El INECC (2012), señala que el “Gobierno mexicano ha desarrollado estrategias, programas y proyectos integrales de adaptación en materia de hidrocarburos y energía eléctrica, para lograr el uso eficiente y sustentable de los recursos energéticos fósiles y renovables del país”. Como es el caso de la “Estrategia Nacional de Cambio Climático”, con la participación del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático y la opinión del Consejo de Cambio Climático.

También creó el “Programa Especial de Cambio Climático”, siendo el instrumento que planea definir y regir a la política nacional definiendo criterios para identificar las prioridades regionales. Donde propone “una nación socialmente equitativa, con una economía verde, con ecosistemas y poblaciones resilientes al cambio climático y con ciudades sustentables.” (IEECC, 2013).

En la parte legislativa, se aprobó la “Ley General de Cambio Climático” en el 2012, el cual busca “garantizar el derecho a un medio ambiente sano y establecer la concurrencia de facultades de la federación, las entidades federativas y los municipios”.

Y la Secretaría de Medio Ambiente (SEDEMA) presenta ciertos programas de desarrollo urbano entorno a la reforestación con el objetivo de “revegetar y reforestar la ciudad para tener más espacios verdes, aumentar la humedad ambiental y mitigar los efectos del cambio climático”, como lo es el Programa estratégico forestal para México 2025.

Sin embargo, los resultados que han mostrado los programas han sido poco satisfactorios, ya fuera por la falta de organización y participación por parte del gobierno, o la falta de estudios específicos para la debida implementación de las acciones que requiere la zona.

En específico, la importancia de las islas de calor se debe a que es un problema no solo a nivel nacional, sino que se han observado en las grandes ciudades alrededor del mundo, en Londres, la temperatura nocturna es aproximadamente 4°C más grande en el centro de la ciudad y la temperatura en Barcelona es, “en más del 90% de las noches estudiadas, más elevada que en la periferia, con diferencias que han llegado a superar los 7.5°C” (National Geographic, 2017).

La Nasa (2019), asegura que estas también existen en la ciudad de Nueva York, donde en el verano, puede estar de 2 a 4 grados más caliente que las áreas rurales cercanas, al igual que en algunas partes de la región de Los Ángeles, durante el mismo periodo que la ciudad anterior, las temperaturas tienden a aumentar de 5 a 9 grados debido a este efecto, además, le cuesta a la ciudad \$100 millones al año en energía. Y para el caso de Latinoamérica, las temperaturas del centro de Sao Paulo son en promedio más de 5°C más elevadas que sus áreas circundantes, una diferencia elevada que plantea graves amenazas al bienestar humano.

Por otro lado, en nuestro país el claro ejemplo que presenta islas de calor está en la CDMX, dado que los primeros registros se establecen desde principios del siglo XX, donde por primera vez el aire de la capital mexicana era más tibio que el de un sitio rural, la magnitud de la isla de calor era entonces pequeña, con un aumento de 2°C en proporción a la extensión de la ciudad, pero durante el periodo de 1878 a 1889 se advierte una tendencia creciente significativa de las temperaturas en el centro histórico de la ciudad. Actualmente en varias zonas de esta ciudad el concreto eleva el calor hasta los 33°C (Ostos, 2005).

Aunque existen otras megaciudades dentro del país que ya cuentan con la presencia de islas de calor urbanas, registradas principalmente en Monterrey, Guadalajara, Mexicali, Tampico y en zonas del Estado de México. Siendo que en esta última se haya registrado una acelerada y desordenada urbanización.

Para el caso del Estado de México, Iracheta (2009), menciona que:

“Como resultado, nueve de cada diez habitantes de la entidad se concentran en dos grandes metrópolis: la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) y la Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT). En ambas, se destaca el desorden y la falta de presencia gubernamental para controlar el proceso. [Es por eso por lo que] la mayor parte de su [población enfrenta] serios problemas urbanos, porque no existe una estrategia de ordenación de los asentamientos humanos”.

Uno de los problemas de acuerdo con Romero (2018) es que “no se han establecido indicadores locales que relacionen la cantidad de árboles y de zonas verdes con la calidad de aire y la salud de los habitantes, con el objetivo de mejorar las condiciones ambientales de la ciudad desde una perspectiva de calidad de vida de la población”. Por ello es importante conocer las características de las áreas verdes de las ciudades.

Para el caso de la ciudad de Toluca, esta cuenta con 59 jardines, 18 parques y 72 áreas verdes. La población de Toluca es de 910,608 (INEGI, 2020) y de acuerdo con la recomendación de la Organización Mundial de la Salud (OMS) las áreas verdes mínimas son de 9 a 15 m<sup>2</sup> por habitante en las urbes; sin embargo, esta zona, en promedio cuenta solamente con 5.3 m por habitante. Esto significa que existe un déficit de áreas verdes para la ciudad de Toluca.

La falta de estas áreas verdes, tanto en superficie como en calidad también tiene como consecuencia, la generación de islas de calor urbanas. Para el caso de la ciudad de Toluca, Morales (2007) afirma que existen islas de calor en el centro de la ciudad y en el aeropuerto, con una diferencia térmica de 3.0°C durante el día, y 1.5°C en la noche. Las razones que el autor menciona de la generación de las islas de calor se asocian al cambio de uso de suelo, a que “su mancha urbana es

más extensa, así como la reducción de la vegetación, a la concentración de edificios y calles pavimentadas, el aumento en la calefacción en casas y edificios y por la contaminación del aire". Además, el autor señala que existe el incremento de las precipitaciones en la ciudad, llegando a 805 mm y puede estar relacionado con la formación de la isla de calor que a su vez genera un espacio de humedad concentrado sobre todo durante la época lluviosa y el aumento de las partículas contaminantes en sus espacios territoriales.

Específicamente, se puede observar que, para el caso de las islas de calor de la zona metropolitana y municipios aledaños a la ciudad de Toluca, no se ha afirmado o determinado la presencia de estas, una de las causas se asocia a la falta de estudios y datos en documentos oficiales que permitan monitorear su desarrollo, por lo cual, no se reconoce como un problema público y por ello no se contempla en los programas, instrumentos y estrategias de los gobiernos locales.

Uno de los problemas que aborda esta tesis entorno a las islas de calor es que es necesario la identificación y creación de instrumentos que permitan su monitoreo, control y prevención dentro de los instrumentos de política y legislación que se implementan a escalas estatales y locales, sin embargo, se abordan de manera general y sin un claro plan de mitigación.

Los antecedentes de las investigaciones en la zona de Toluca indican que ya existe el problema de islas de calor, por lo cual se busca identificar si en los instrumentos gubernamentales actuales, abordan estrategias que contribuyan a la adaptación y mitigación de las islas de calor, de manera directa o indirecta. En este caso, se considera de manera indirecta que dado que no se ha identificado como un problema público.

Por ello en esta investigación, plantea la necesidad de analizar los programas a nivel local de los municipios centrales de la ZMVT, los cuales tienen mayor concentración de densidad de población, urbanización, industrialización y falta de áreas verdes, y propensas y vulnerables a las islas de calor. Identificando las acciones de manera directa o indirecta, que contribuyen a su mitigación y/o adaptación.



Además de que la información es limitada en torno al contexto político y en cómo son tratadas desde los instrumentos gubernamentales para adaptar a los impactos y mitigar las islas de calor, por eso en esta investigación se plantea que es necesario que se analicen a los diferentes programas a nivel municipal o local de los municipios centrales de la ZMVT, para atender el problema de calor de islas de calor urbano. Para conocer cómo se están abordando las decisiones sobre el bienestar y la calidad de vida de las personas que habitan en ella. Por lo anterior se plantea lo siguiente:

## PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cómo están abordando los gobiernos municipales en los planes y programas la mitigación de islas de calor y la adaptación a los impactos de estas en los municipios de Calimaya, Metepec, Toluca y Zinacantepec perteneciendo a la zona céntrica de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca?

## HIPÓTESIS

Las prioridades para reducir las Islas de Calor Urbanas en la zona centro de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca se atienden en su mayoría de manera indirecta debido a que pueden verse afectadas por las distintas problemáticas que presenta cada municipio dejando a un lado la implementación de estrategias de mitigación y adaptación concretas en sus respectivos instrumentos administrativos, como lo son los planes y programas municipales.

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

Analizar las estrategias de mitigación y adaptación de las Islas de Calor Urbanas de los municipios de la ZMVT, en particular Calimaya, Metepec, Toluca y Zinacantepec durante el periodo 2010- 2019 a través de instrumentos de política pública local.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar el comportamiento de las temperaturas medias, máximas y mínimas mensuales de los municipios de Calimaya, Metepec, Toluca y Zinacantepec (del área estudio) del periodo del 2010-2019.
- Identificar las estrategias de mitigación y adaptación que se incluyen en los planes y programas de los gobiernos municipales mediante análisis de contenido con el fin de clasificar las acciones implementadas durante el periodo 2010- 2019.
- Relacionar las estrategias clasificadas con el comportamiento de las temperaturas de los municipios para identificar la atención de las islas de calor urbanas en los casos de estudios.

## JUSTIFICACIÓN

La Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT) es considerada la quinta metrópoli más poblada del país, siendo que ha presentado cambio drástico en sus actividades económicas en donde pasó de ser una economía rural a una industrial y de servicios, además de contar con importantes parques industriales, por lo cual el índice de urbanización es alto, llevándolo a convertirse en una zona con un importante incremento en su temperatura atmosférica e incidiéndolo a la formación de las Islas de Calor.

En la actualidad varios estudios han estimado el aumento de la temperatura, así como su comportamiento, sin embargo, existen pocos estudios enfocados a cambio climático regional y local. Si bien, se mencionaron en los antecedentes de los diferentes estudios que analizan la variabilidad de las islas de calor urbano y sus posibles efectos en la distribución, únicamente se centraban en la ciudad de Toluca, dejando de lado los demás municipios de la ZMVT, los cuales también son relevantes debido al importante desarrollo urbano durante los últimos años.

Sin embargo, es necesario mencionar que los municipios centrales de esta metrópoli son los que mayor impacto han tenido, por lo tanto, al ampliar la cantidad de información disponible en cuanto a su diagnóstico de manera gráfica y analítica tendrá la capacidad de demostrar el incremento en las temperaturas

tanto máximas como mínimas dentro de cada municipio, a fin de que los mismos gobiernos tomen en cuenta el panorama de la situación actual de esta problemática y actúen de manera inmediata en acciones directas de mitigación y adaptación dentro de sus planes, programas y proyectos.

## ENFOQUE GENERAL DEL TRABAJO

Dentro de esta investigación, la metodología que se utilizó fue *hipotético deductivo*, el cual va a partir a través de una postulación de hipótesis que se toma como verdadera a partir de los principios y variables conceptuales. Además, se irá “configurando estructuras jerárquicamente ordenadas de hipótesis donde algunas son fundamentales, otras son derivadas y otras cumplen una función auxiliar. [Dentro del sistema hipotético] se derivan deductivamente consecuencias que deberán ser empíricamente contrastadas. Por último, [existe] una instancia de contrastación que permitirá evaluar las hipótesis sobre los resultados obtenidos. Si el resultado es desfavorable, la hipótesis será considerada refutada. En cambio, si el resultado fuera favorable, la hipótesis será considerada corroborada” (Gianella, s.f.).

Como parte de esta investigación, será necesario desarrollar, analizar y dar una visión al panorama de la problemática entre la existencia de ICU y las políticas públicas dentro de cada municipio de la zona centro de la ZMVT.

## CAPÍTULO 1. MARCO CONCEPTUAL

Este capítulo aborda el marco conceptual para las Islas de Calor Urbanas (ICU), detallando sus antecedentes, definición de una isla de calor, además de resaltar sus causas y consecuencias, los diferentes tipos de ICU y la manera en la que se diferencian. En lo que respecta a la evaluación del cambio de temperatura y el impacto de la diversidad de grandes variables sobre el cambio climático urbano, es importante partir desde una perspectiva más general en torno a una revisión de factores naturales y antropogénicos, con el fin de llegar a identificar correctamente las medidas de mitigación y adaptación dentro de los programas y políticas públicas existentes en el país y principalmente en el Estado de México y ZMVT.

Como definiciones primordiales para esta investigación, se utilizará como base la variabilidad climática y las islas de calor.

### 1.1 VARIABILIDAD CLIMÁTICA

#### 1.1.1 VARIABILIDAD CLIMÁTICA URBANA

El clima ha sido empleado como elemento de diferenciación espacial, debido a que “la tierra posee una gran variedad de ellos que se generan a partir de conjunciones únicas de elementos tales como humedad, temperatura, vientos, corrientes oceánicas, suelos, precipitaciones y otros” (INECC, 2018).

Además de que, según el INECC (2018) esta es “una descripción estadística de las condiciones meteorológicas más frecuentes de una región en cierto periodo de tiempo. Y en un sentido amplio, el clima se refiere al estado del sistema climático como un todo, incluyendo sus variaciones y descripciones estadísticas”.

“Por ello los patrones de comportamiento de los fenómenos meteorológicos (tormentas, granizadas y heladas, entre otros) y de las variables climatológicas (temperatura, humedad y precipitación) tienen un impacto directo y heterogéneo en la distribución de la biodiversidad, la provisión de servicios ecosistémicos y el bienestar y las actividades humanas” (Herrera, 2011).

Del mismo modo que va enlazada con el concepto de variabilidad climática, el cual se refiere, ante todo, a las fluctuaciones observadas en el clima durante

periodos de tiempo relativamente cortos. Esta incluye los extremos y las diferencias de los valores mensuales, estacionales y anuales con respecto a los valores climáticos esperados (medidas temporales) (Becerril, 2006).

En otras palabras, por parte de Bokwa (2004) es:

“El grado de magnitud de la variabilidad que puede describirse por la diferencia presentada entre las estadísticas a largo plazo de un elemento climático y las obtenidas para un periodo de menor longitud. Se entiende como largo plazo un periodo suficientemente extenso como para que en él estén incluidas todas las características de los regímenes del elemento climático, que están en función del tiempo y que pueden presentar variaciones climáticas en intervalos de tiempo más o menos largos. En la práctica no deben de ser inferiores a 30 años” (Pavón, 2000). Es necesario señalar que, a medida que “una ciudad crece y se desarrolla, nuevos factores como el calor producido por el hombre y la contaminación atmosférica modifican el clima local de la ciudad y contribuyen a la formación de un nuevo clima urbano” (Ostos, 2012). El cual se entiende como “a las condiciones del clima que poseen las áreas urbanas, en comparación a un entorno rural”.

Por lo tanto, las variaciones atmosféricas son más acusadas entre los espacios urbanos y rurales a medida que las ciudades son más grandes, como las Zonas Metropolitanas y su mancha urbana, es más extensa, “...sin dejar de lado que hay reducción de la vegetación, aumento en la calefacción en casas y edificios, contaminación del aire y sobre todo en la salud que los relacionan con el clima extremo, ondas de calor, islas de calor y sus variables.” (Becerril, 2006).

### 1.1.2 MICROCLIMA

Los climas de las ciudades sufren en general temperaturas más altas, y de acuerdo con Caborn (2020):

“Especialmente durante la noche, velocidades menores del viento y mayor lluvia. Fundamentalmente esto se debe a diferencias en los materiales de superficie, formas geométricas complejas, calidad del aire y fuentes adicionales de humedad, calor y contaminación. Por consiguiente, el balance

total de energía es muy diferente del de campo abierto debido a que la lluvia corre rápidamente sobre superficies impermeables y no queda sometida a una evaporación continua; ésta es la característica más notable, con sus consecuencias para el almacenamiento de calor y su transmisión al aire (Caborn, 2020).

“...Los microclimas se definen como los climas a pequeña escala de colinas y valles, campos y bosques y urbes del entorno físico junto a los conjuntos de plantas, del hábitat de insectos y otros animales, e incluso de las calles de poblaciones. Desarrollándose en altura desde la superficie del suelo, en donde se recibe y disipa tanto la energía de las radiaciones como la lluvia y donde las fuerzas de fricción son máximas, los microclimas son regiones de gran variabilidad en las que el tiempo, el espacio y las características de la superficie representan papel dominante en su determinación” (Caborn, 2020).

### 1.1.3 CLIMA URBANO

El clima urbano para Correa (2010), “es la modificación local del clima regional que generan las ciudades. La temática ha tenido gran desarrollo durante los últimos 50 años centrando el análisis en las variaciones de los patrones espaciales de distintos parámetros meteorológicos (temperatura, humedad, viento, precipitaciones, entre otros) y cómo dichas diferencias afectan a la población de manera diferencial (confort y estudios bioclimáticos)”.

### 1.1.4 TEMPERATURAS

#### *Temperatura Media Máxima Mensual*

Se trata de la mayor temperatura alcanzada en un lugar a lo largo de un lapso de un mes y también la máxima absoluta alcanzada en los registros de temperaturas de un lugar determinado (CONAGUA, 2022).

#### *Temperatura Máxima Mensual*

La temperatura máxima media corresponde al promedio aritmético de los valores de temperatura máxima registrados en el lapso  $i$ , en una estación  $j$ , durante el período de tiempo  $t$  (SISDHIM, 2005).

## *Temperatura Mínima Mensual*

La temperatura mínima media corresponde al promedio aritmético de los valores de temperatura mínima registrados en el lapso  $i$ , en una estación  $j$ , durante el período de tiempo  $t$  (SISDHIM, 2005).

### 1.2 ISLAS DE CALOR

Según Jáuregui (1986), el término de isla de calor es "un fenómeno de origen térmico que se desarrolla en las áreas urbanas causado por la diferencia de temperatura existente entre los sectores más densamente edificados de la ciudad y la de sus alrededores afectando directamente el microclima de cada zona". Además de que, consiste en la dificultad de la disipación del calor durante las horas nocturnas y, como consecuencia, se registra un significativo incremento de temperatura mínima que a su vez condicionan el acrecentamiento local o regional de temperaturas medias.

En la actualidad, Godínez (2016) define a una isla de calor como:

"Una absorción de calor de las superficies urbanas durante el día y su lenta irradiación nocturna comparadas con sus entornos no urbanizados, transformando el balance de radiación y el contenido de calor, provocando cambios en la distribución de la temperatura, en la distribución espacial de otras variables como la presión atmosférica, los vientos, la nubosidad y la precipitación, así como en la distribución de contaminantes y los procesos meteorológicos extremos"

#### 1.2.1 TIPOS, FORMAS Y CARACTERÍSTICAS

Además, "se distinguen dos tipos de isla de calor, la superficial (horizontal) que se genera cuando las superficies de suelos, techos y fachadas registran una temperatura superior a la del aire y se producen en el día como en la noche. Y la atmosférica (vertical) se establece por la diferencia de temperatura del aire entre los espacios urbanos y rurales. Este tipo de islas se clasifican en: 1) a nivel de suelo, donde se encuentra la capa de aire que afecta directamente a los habitantes desde el suelo hasta el nivel superior de los techos o árboles; 2) va desde donde empiezan los techos o árboles y se extiende a una altura aproximadamente 1.5 km

desde el suelo y se presenta en el atardecer y es más importante por la noche que por el día y en invierno” (Godínez, 2016).

Para determinar el tipo de isla de calor se emplean diferentes modelos y métodos de medición, “en el caso de las superficiales se emplean métodos de medición directos o indirectos y modelos numéricos o de estimación empírica. En la mayoría de los casos utilizan métodos de medición indirectos para estimar la temperatura superficial, obtenida con el soporte de mapas térmicos e imágenes radiométricas” (Godínez, 2016).

Además, el fenómeno de la isla de calor urbano puede ocurrir en una variedad de escalas; debido a que una de las circunstancias es causada principalmente por el calor almacenado y *re-irradiado* por los edificios masivos dentro de la ciudad y el calor facticio, pero puede manifestarse alrededor de un solo edificio, un pequeño dosel vegetal, o en gran parte de una ciudad. Dependiendo de la ubicación geográfica y condiciones climáticas predominantes (Taha, 1997).

El resultado de lo anterior es que estas islas llegan a ser perjudiciales para el habitante urbano, debido a que contribuyen principalmente a la contaminación del aire, aumentando los requisitos de energía de calefacción y por ende da como resultado la incomodidad térmica (Taha, 1997).

Por otro lado, Oke (2017) creo pertinente el clasificar las ICU en cuatro tipos, siendo las siguientes:

1. Isla de calor urbana subsuperficial (UHISub): donde existen diferencias entre los patrones de temperatura en el suelo bajo la ciudad, incluidos los suelos urbanos y los del suelo rural circundante.
2. Isla de calor urbana superficial (UHISurf): en ellas existen diferencias de temperatura entre la interfaz de la atmósfera exterior con los materiales sólidos (de construcción) de la ciudad y la interfaz aire-tierra rural.
3. Isla de calor urbana de la capa del dosel (UHIUCL): donde existe una diferencia entre la temperatura del aire contenido entre la superficie urbana y el nivel del techo de las edificaciones (capa de dosel urbano (UCL)) y la altura correspondiente en la superficie cercana a la capa del campo.



4. Isla de calor urbana de capa límite (UHIUBL): es donde hay una diferencia entre la temperatura del aire en la capa entre la parte superior de la UCL y la parte superior de la capa límite urbana (UBL), llegando a ser comparada con las elevaciones en la capa límite atmosférica (ABL) de la región rural circundante.

Es por eso que, “la forestación urbana influye en gran parte en la modificación del clima y en el consumo de energía en los edificios a través de: a) sombreado: reduce la cantidad de energía radiante absorbida y almacenada por las superficies construidas; b) evapotranspiración: convierte el agua de las plantas en vapor, enfriando de esta forma el aire; y c) reducción de la velocidad del viento: disminuye, a su vez, la infiltración de aire exterior, la efectividad de la ventilación y el enfriamiento convectivo de las superficies edilicias”. Si llega a existir un déficit en el balance de estos 3 elementos, la alta radiación solar causa por lo contrario un cierto *discomfort* térmico a la misma población, por lo que no sólo aumentan los requisitos de enfriamiento en los espacios abiertos públicos y, en los interiores de los edificios, sino que también existe repercusiones en la salud de las personas (López A. K., 2016).

Así mismo, el aumento de la población en las zonas urbanas ha provocado “la generación, manejo y destino de la basura, cambios en el uso del suelo, deforestación, reducción de acuíferos y contaminación, siendo estos los factores que incrementan el efecto isla de calor urbano” (Morales, 2007), que a la vez tiende a generar serios impactos tanto sobre la tierra como sobre los sistemas socioeconómicos (MITECO, 2020). Tal es el caso en “la falta de agua potable, grandes cambios en las condiciones para la producción de alimentos y un aumento en los índices de mortalidad debido a inundaciones, tormentas, sequías y olas de calor” (IPCC, 2013). Además de que la construcción de viviendas y la demanda de vehículos, que han generado emisiones antropogénicas a base de combustibles fósiles que circulan por carreteras cada vez más duras e impermeables. “Las emisiones de vehículos automotores están integradas por diversos contaminantes que son generados por diferentes procesos. Los más comúnmente considerados son las emisiones del escape, que resultan del uso del

combustible y que son emitidos a través del escape del vehículo, y una variedad de procesos evaporativos” (SEMARNAT, 2019).

## 1.3 CAUSAS Y FACTORES

### 1.3.1 EMISIONES

Según la SEMARNAT (2015), las emisiones se definen como:

“Una enorme cantidad de sustancias producidas por las actividades humanas se liberan a la atmósfera, las cuales pueden permanecer suspendidas desde unos pocos días como en el caso de las partículas y el carbono negro, en décadas como los clorofluorocarbonos o incluso siglos, tal como ocurre con los gases de efecto invernadero, que son el vapor de agua (H<sub>2</sub>O), el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), el metano (CH<sub>4</sub>) y el ozono (O<sub>3</sub>)”.

Aunque algunas de ellas pueden degradarse en la atmósfera o integrarse en los ciclos biogeoquímicos, en estas últimas, se ha calculado un Potencial de Calentamiento Global (Global Warming Potential, GWP) “para reflejar cuánto tiempo permanece en la atmósfera (en promedio) y con qué fuerza absorbe energía. Los gases con un GWP más alto absorben más energía, por kilogramo, que los que tienen un GWP más bajo y, por lo tanto, contribuyen más al calentamiento de la Tierra” (EPA, 2021):

- Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>): por definición, tiene un GWP de 1 independientemente del período de tiempo utilizado, porque es el gas que se utiliza como referencia. El CO<sub>2</sub> permanece en el sistema climático durante mucho tiempo, estas emisiones provocan aumentos en las concentraciones atmosféricas que durará miles de años.
- Metano (CH<sub>4</sub>): se estima que tiene un GWP de 28 a 36 durante 100 años. CH<sub>4</sub> emitido hoy dura alrededor de una década en promedio, que es mucho menos tiempo que el CO<sub>2</sub>. Pero este también absorbe mucha más energía que el CO<sub>2</sub>. El efecto neto de la vida útil más corta y la mayor absorción de energía se refleja en el GWP. Además de que es un precursor del ozono, y el ozono es en sí mismo un GEI.

- Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O): tiene un GWP 265–298 veces mayor que el del CO<sub>2</sub> para una escala de tiempo de 100 años. El N<sub>2</sub>O emitido hoy permanece en la atmósfera durante más de 100 años, en promedio.

Además de que el aumento de estas emisiones ha sido la principal causa de algunos de los problemas ambientales más críticos que se enfrenta en la actualidad. “Todo esto principalmente causado por la combustión de carbón, petróleo y gas provenientes mayormente por los vehículos automotores que incluyen automóviles, camiones y autobuses diseñados para circular en la vía pública. En la mayoría de las áreas urbanas, [estos] vehículos automotores son los principales generadores de las emisiones de los GEI y PM” (SEMARNAT, 2019).

Actualmente el parque vehicular en México es de 32.45 millones de unidades, según un estudio realizado por la firma consultora Melgar de México (2020). Del total circulante, 16.59 millones son automóviles, con un 51.13 por ciento; 15.48 millones son camiones, siendo un 47.71 por ciento; 335 mil tractocamiones, contando con 1.03 por ciento y 41 mil autobuses integrales, con sólo 0.13 por ciento. Estas cifras se ven reflejadas por regiones donde el mayor volumen está concentrado en la región centro con 11.31 millones de unidades, específicamente en CDMX (17.09%), Estado de México (6.57%) y Puebla (3.63%), seguido de la región norte con 11.17 millones de unidades, encontrando a Nuevo León (7.63%) y Coahuila (3.68%), por último, en la región occidente con 3.92 millones de unidades, específicamente en Jalisco (6.93%) y Michoacán (3.12%).

Además de que existe la excesiva tala de bosques (deforestación) y el cambio de uso de suelo, esto porque los árboles ayudan a regular el clima al absorber CO<sub>2</sub> de la atmósfera (SEMARNAT, 2015). “La modificación y el desarrollo de [diversos] espacios viales en la ciudad en los últimos años [es uno de los motivos por el cual se han generado pérdidas arbóreas considerables]. Además de las distintas modificaciones realizadas a la traza urbana de una ciudad han provocado la desaparición de vegetación, la reducción de zonas de captación de agua para los mantos freáticos, pero también la mala planeación. Las medidas que incentivan el uso del vehículo y el desinterés por impulsar el transporte masivo han sido factores que han redundado en un incremento notorio en el tránsito diario y en

consecuencia de los niveles de contaminación ambiental, situación que empeora al no existir áreas verdes que ayuden a contrarrestar los efectos contaminantes; reduciendo así la existencia de los microclimas originados en las regiones con concentración de vegetación, lo que genera además zonas más calurosas y secas" (Licea & Figueroa , 2017).

### 1.3.2 ÁREAS VERDES URBANAS

Durante los últimos años ha habido una disminución considerable sobre los árboles del paisaje de la ciudad, trayendo consigo un deterioro del ambiente y a la vez ocasionando una reducción de la humedad atmosférica y un aumento de la temperatura y contaminación. "Estas llamadas áreas verdes, hacen alusión a la vegetación del entorno, pero han ido desapareciendo no solo por causas naturales, sino que en su mayoría ha sido debido al avance incesante de la mancha urbana. El crecimiento de la población y las altas concentraciones de habitantes está siendo la causa de los daños a nivel ambiental y de recurso natural de una ciudad" (Elizalde, 2013).

"Las áreas verdes son superficies urbanas recreativas o bien extensiones no urbanizadas con vegetación primaria o secundaria, los cuales son elementos fundamentales para mejorar el bienestar de la población urbana, especialmente en grandes ciudades" (Sedema, 2015).

"En el medio urbano, las áreas verdes mitigan la contaminación del aire y el ruido, modifican microclimas, protegen el suelo de la erosión y proporcionan un refugio para la vida silvestre. Además, es capaz de equilibrar el balance energético del clima a escala local, provocando variaciones en la temperatura y en la humedad del aire. Estos efectos, contribuyen en gran medida a mejorar la sensación de confort de la población en los espacios exteriores urbanos y ayuda a que exista la recreación y bienestar en general debido a que las zonas verdes tienen efectos positivos en la salud física y mental. También amortiguan el impacto de los elementos climáticos sobre los edificios.", "...Tiene repercusiones en la mejora de la calidad del agua y protección del suelo; las hojas de los árboles interceptan las gotas de lluvia y dosifican su paso hacia el suelo, sus raíces lo retienen, minimizando la erosión, además, al permitir el paso del agua hacia el subsuelo, se evita la

sobrecarga de la red de drenaje de las ciudades en caso de tormenta, al mismo tiempo que se recargan los mantos acuíferos" (Elizalde, 2013).

#### *Clasificación de áreas verdes urbanas*

Las áreas verdes urbanas a pesar de tener un propósito en común se identifican de diferentes formas, ya sea por su tamaño, por la cantidad o las especies de flora que tenga el espacio en la ciudad. Avendaño (2014) menciona que se clasifican de la siguiente manera:

- *Parque urbano*: Se trata de un terreno abierto situado en o cerca de un núcleo urbano destinado fundamentalmente al ocio, al reposo y a mejorar la salubridad y calidad ambiental. Normalmente debe contar con elementos como juegos infantiles, juegos para preadolescentes, juegos libres y áreas para el deporte no reglado (Avendaño, 2014).
- *Parque o área recreativa*: Se cataloga como parque recreativo a un área escénica de tamaño grande, que posea atracciones recreativas al aire libre, de origen natural o construido por el ser humano, accesible a un número significativo de la población. El área es de fácil acceso y posee el potencial de desarrollar dentro de ella una variedad de posibilidades recreativas para acomodar un uso intensivo. Además de que la alteración humana y la manipulación del terreno son aceptables (Avendaño, 2014).
- *Jardín urbano*: son espacios ajardinados urbanizados destinados tanto al disfrute de la población como al ornato y mejora de la calidad estética de su entorno. En los jardines se da prioridad a los elementos ornamentales y a las áreas adecuadas para la estancia de las personas, no disponen de espacio para deporte ni siquiera no reglado y no se autoriza ninguna edificación (Avendaño, 2014).

#### 1.3.3 ÍNDICE VERDE URBANO

La Organización Mundial de la Salud (OMS) determinó un índice de mantenimiento de áreas verdes, el Índice Verde Urbano (IVU), el cual debe ser de 9 a 15 m<sup>2</sup> por habitante (Sedema, 2015). Esto con el propósito de conocer "la cantidad de áreas verdes urbanas en donde predomina vegetación y elementos naturales del

entorno, manejado (directa o indirectamente) por entes públicos como municipios, gobiernos provinciales, regionales o Estado existentes dentro del territorio, dividido para el número de habitantes de las zonas urbanas" (INEC, 2012).

Sin embargo, "el promedio real en cada ciudad es complejo debido a que los criterios para definir áreas verdes son extremadamente variables y porque la distribución de éstas es característicamente irregular en las ciudades ya que la mayoría han crecido desordenadamente y en ausencia de criterios ambientales previamente establecidos" (Sedema, 2015).

#### 1.3.4 ALBEDO

El clima responde directa e indirectamente a cambios mediante una serie de mecanismos de *retroefecto*, por eso existen ciertas formas fundamentales para cambiar el equilibrio de radiación de la Tierra, ciertas soluciones son más viables que otras. Puede ser mediante cambios en las concentraciones de gases de efecto invernadero y cambiando la fracción de la radiación solar reflejada, denominada 'albedo', que es aplicable mediante cambios principalmente en la vegetación urbana (IPCC, 2013). Por eso, un factor relevante, son los materiales de la superficie de pavimentación, que representan una alta proporción del costo en la construcción urbana y contribuyen significativamente a la isla de calor urbano.

"El albedo de una superficie se define como su reflectividad integrada hemisférica y en longitud de onda. El alto albedo y bajo albedo corresponden a colores reflectantes y claros, mientras que absorbentes a colores oscuros, respectivamente. Cuando el valor del albedo aumenta, la energía solar catódica aumenta en consecuencia, lo que contribuye a reducir el calor en la superficie de la calzada" (Mai & Zhu, 2019).

Y por lo general, los albedos urbanos se encuentran en el rango 0.10 a 0.20 pero en algunas ciudades estos valores pueden excederse. Las ciudades del norte de África son buenos ejemplos de áreas urbanizadas de alto albedo con un rango entre 0,30 a 0,45, mientras que la mayoría de Los estados Unidos y las ciudades europeas tienen albedos más bajos de 0,15 a 0,20 (Taha, 1997).

La alternativa de la superficie de pavimentación a los materiales tradicionalmente absorbentes puede reducir el almacenamiento a alta temperatura a la luz del día y liberar el almacenamiento por la noche. Esto debido a que las superficies de pavimento asimilan la radiación de la luz solar y reservan el calor bajo la calzada de la ciudad mediante luz. Luego, las superficies de pavimentación liberan la energía a través de la forma de radiación infrarroja. Además, la dirección del flujo de la energía sigue la ley de la convección, de modo que los lugares de alrededor obtienen un calor adicional por la noche, lo que resulta en esta situación, el fenómeno de las ICU (Mai & Zhu, 2019).

También se ve reflejado a medida que la urbanización incrementa, debido a que se conduce a superficies más oscuras y vegetación reducida. En comparación con el suelo desnudo, la superficie de asfalto ha mostrado una radiación infrarroja adicional de 150 W/m<sup>2</sup> y una parte espectralmente sensible de 200 W/m<sup>2</sup>. Los materiales de revestimiento de la estructura interior de la ciudad son muy importantes para equilibrar la temperatura dentro de la ciudad, como plazas de aparcamiento y carreteras, que representan una gran proporción (alrededor del 40%) de la estructura urbana y hacen una gran contribución al desarrollo de la ciudad, al igual que al fenómeno de la ICU. Dando como resultado que, el uso de materiales de alto albedo reduce la cantidad de energía solar, debido a que la radiación absorbida por las envolventes de los edificios y las estructuras urbanas mantiene frescas sus superficies.

Por eso, aumentando el albedo de la superficie de pavimentación reducirá el intercambio de aire entre los lugares con temperaturas más altas y lugares con temperaturas más bajas, disminuyendo así la temperatura del aire ambiente, contribuyendo a aliviar las influencias de ICU (Mai & Zhu, 2019).

#### 1.4 ZONAS METROPOLITANAS

La ciudad como entorno debe responder a las necesidades de “grupo de individuos con intereses afines, que les incorpora a los sitios públicos. En general esto conforma un espacio urbano, convirtiéndolo en un elemento distintivo y cultural de cada ciudad. Donde, generalmente se asocian al área ocupada relacionada con

una capacidad de terreno, refiriéndose al centro poblacional y el paisaje propio de las ciudades" (Noa, 2018).

En el caso de México, es un país urbano debido a que en base a la información del último censo de población (2020) reveló que dos terceras partes de la población reside en ciudades (INEGI, 2020), lo cual se ve reflejado desde el año 1960, donde la población de la ciudad ya había superado a los habitantes del campo. Este desarrollo urbano se ha aparejado, inicialmente, a un proceso de industrialización y, luego, de tercerización económica que dejó atrás la hegemonía de la producción agrícola y el mundo rural. En la parte de urbanización se tiene registro de que en el país más del 50 por ciento de los ciudadanos reside en zonas metropolitanas (ZM) con más de 50 mil a 100 mil habitantes, es decir, en alguna de las 59 metrópolis que se extienden por todo el país. Además de que, en términos de la población nacional total, que asciende a alrededor de 126 millones, más de la mitad (57%), vive y trabaja en alguna de estas urbes (Arellano, 2019).

Las zonas metropolitanas se definen como "el conjunto de dos de o más municipios que se localizan una ciudad de 50 mil o más habitantes, cuya área urbana, funciones y actividades rebasan los límites del municipio que originalmente la contenía, incorporando como parte de sí misma o de su área de influencia directa a municipios vecinos, predominantemente urbanos, con los que mantiene un alto grado de integración socioeconómica, muchos están pendientes sobre los municipios que por sus características particulares son relevantes para la planeación y política urbana" (CONAPO, 2004). Dentro de estas características está "el desarrollo económico en la demanda de recursos naturales, los niveles de producción y consumo, así como en la generación de residuos, junto con el desarrollo poblacional, industrial-comercial y de servicios" (Noa, 2018).

Por otro lado, en el aspecto negativo, es importante mencionar el hecho de que existe un alto nivel de contaminación, sobrepasando en muchos casos el límite de seguridad para la salud humana marcado por la OMS. Es debido principalmente por la falta de áreas verdes y por la contaminación del aire urbano, siendo un serio problema debido al uso excesivo de vehículos particulares y al intenso e incesante



tráfico que genera, unido a fábricas que no controlan sus emisiones, convierte el aire de ciudades en nubes de smog y por consecuencia, aumentando la temperatura de la ciudad y provocando que sean cada vez más frecuente las olas de calor y la aparición de islas de calor, como sucede actualmente en las ciudades metropolitanas de Monterrey, Guadalajara, Mexicali, Tampico y ciertas zonas del Estado de México y Ciudad de México (Entercanales, 2019).

#### 1.4.1 TIPOS Y CARACTERÍSTICAS DE LAS ZONAS METROPOLITANAS

En México existe un grupo interinstitucional que se encarga de delimitar las zonas metropolitanas en México, el cual está integrado por funcionarios de la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU), el Consejo Nacional de Población (CONAPO) y el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), las cuales están divididas en tres grupos de municipios metropolitanos, los cuales son:

##### *Municipios centrales*

Corresponden a los municipios donde se localiza la ciudad principal que da origen a la zona metropolitana, los cuales comparten una conurbación intermunicipal, definida ésta como la unión física entre dos o más localidades censales de diferentes municipios y cuya población en conjunto asciende a 50 mil o más habitantes (CONAPO, 2004).

##### *Municipios exteriores definidos con base en criterios estadísticos y geográficos*

Son municipios contiguos a los anteriores, cuyas localidades no están conurbadas a la ciudad principal, pero que manifiestan un carácter predominantemente urbano, al tiempo que mantienen un alto grado de integración funcional con los municipios centrales de la zona metropolitana. Su localidad principal está ubicada a no más de 10 kilómetros y al menos 15 por ciento de su población ocupada residente trabaja en los municipios centrales de la zona metropolitana (CONAPO, 2004).

##### *Municipios exteriores definidos con base en criterios de planeación y política urbana*

Son municipios que se encuentran reconocidos por los gobiernos federales y locales como parte de una zona metropolitana, a través de una serie de instrumentos que regulan su desarrollo urbano y la ordenación de su territorio, independientemente

de su situación respecto de los criterios señalados en el punto anterior (CONAPO, 2004).

#### 1.4.2 CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE TOLUCA (ZMVT)

De acuerdo con el tamaño poblacional, para el 2010, la ZMVT se encontraba en el 5° lugar entre las 7 áreas metropolitanas con más de 1.5 millones de habitantes, entre ellos están Ciudad de México, Guadalajara, Monterrey, Puebla, Tijuana y León.

Existen diferentes clasificaciones para delimitar la ZMVT, pero, de acuerdo con SEDESOL, CONAPO & INEGI (2018), está se ubica en la región centro del país que cuenta con una superficie territorial de 2,410.5 km<sup>2</sup> y se distinguen 16 municipios: Almoloya de Juárez, Calimaya, Chapultepec, Lerma, Metepec, Mexicaltzingo, Ocoyoacac, Oztolotepec, Rayón, San Antonio la Isla, San Mateo Atenco, Temoaya, Tenango del Valle, Toluca, Xonacatlán y Zinacantepec.

La ZMVT fue definida a partir del criterio de conurbación física (1a), integrada por nueve municipios centrales, seis municipios exteriores por integración funcional y un municipio exterior por política urbana (SEIM, s.f).

Además, la ZMVT comenzó su proceso de metropolización a partir de la década de los 60's, derivado de la industrialización del corredor Toluca-Lerma. A partir, de los 80's se le consideró como metrópoli semidiversificada, en el transcurso de la siguiente década se consolidó en el sector terciario (SEIM, s.f).

Actualmente en la ZMVT, habitan 2,202,886 personas, lo que representa el 13.1% de la población total de la entidad, tiene una tasa de crecimiento medio anual del 1.9% y una densidad media urbana de 64.4 hab/ha. Y la mayor parte de su población se concentra en Toluca, Metepec y Zinacantepec, estos tres municipios aportan el 61.0% del total de la población de la zona metropolitana (SEIM, s.f).

#### 1.5 INSTRUMENTOS DE POLÍTICA PÚBLICA PARA LA ATENCIÓN DE LAS ICU

Los gobiernos de las Zonas Metropolitanas enfrentan el problema de las Islas de Calor Urbanas que se verán reflejados en sus instrumentos de regulación del

espacio metropolitano y dentro del desarrollo de estrategias de adaptación y mitigación.

### 1.5.1 POLÍTICAS PÚBLICAS

A las políticas públicas se plantea como “el conjunto de objetivos, decisiones y acciones que lleva a cabo un gobierno para solucionar los problemas que, en un momento determinado, tanto los ciudadanos como el propio gobierno consideran prioritarios. Estas acciones y decisiones involucran a una multiplicidad de actores, sectores o niveles de gobierno. La política pública no es resultado de un proceso lineal, coherente y necesariamente deliberado de diseño o formulación, sino que es objeto de un proceso social y político que configura un campo en disputa” (Arroyo & Schejtman, 2012).

Por lo tanto, se hace hincapié a que son un medio para la resolución de los problemas que afectan directamente a la sociedad. Además de que “pueden revertir, potenciar o inhibir la capacidad de que otros mecanismos permitan alcanzar el bienestar individual y colectivo” (López D. R., 2003)

### 1.5.2 INSTRUMENTOS

Las políticas públicas se desglosan especialmente en instrumentos en forma de planes, proyectos y programas, en donde se les asignan recursos para su puesta en práctica.

#### *Planes, Proyectos y Programas*

De manera que, un plan se manifiesta en “la visión gubernamental y la priorización de las necesidades que se deban atender en el mediano y largo plazo, mediante objetivos, estrategias y líneas de acción” (COPLADEM, 2022).

Un proyecto está enfocado en “un conjunto de actividades coordinadas que se ejecutan para lograr objetivos específicos con arreglo a parámetros de tiempo, costo y desempeño definidos y están encaminados a lograr una meta común que constituyen un programa” (IFRC, 2010).

Mientras que, los proyectos pueden ser definidos como “la unidad mínima de asignación de recursos para el logro de uno o más objetivos específicos. De forma

agregada, constituyen el punto de partida más adecuado para formular apreciaciones sobre los programas. [Además], deben tener una población objetivo-definida en función de la necesidad que se pretende satisfacer, una localización espacial y tiempos de inicio y finalización predefinidos" (Arroyo & Schejtman, 2012).

Por lo tanto, que los programas se conforman de "un conjunto de proyectos que persiguen los mismos objetivos; los cuales son responsables de establecer las prioridades de la intervención, ya que permiten identificar y organizar los proyectos, definir el marco institucional y asignar los recursos prioritarios para cierto grupo de personas en un determinado lugar" (Arroyo & Schejtman, 2012).

### 1.5.3 ESTRATEGIAS

"La estrategia se constituye en un aspecto muy importante en las decisiones que deben tomar las personas que tienen a cargo la gestión de una organización o problema social, en la que hay recursos de todo tipo que deben ser utilizados en forma óptima para cumplir con las políticas y metas trazadas" (Sierra, 2013).

Además de que definir el alcance, es parte fundamental de lo que se quiere establecer, "con el fin de plantear las estrategias necesarias para cumplir con lo que se espera. Se necesita tener un norte, directrices o políticas que faciliten su análisis, tanto interno como externo, saber cuáles son los objetivos que se espera obtener en el futuro, tomando en cuenta la planeación estratégica, donde se toman las decisiones que se van a utilizar y cómo las van a adecuar a las distintas alternativas ante el problema en cuestión" (Sierra, 2013).

### 1.5.4 ACCIONES DE MITIGACIÓN

La mitigación a pesar de que implica modificaciones en las actividades cotidianas, también se asegura de que exista el reducir al mínimo los efectos económicos, sociales y ambientales adversos, con el fin de lograr una disminución en las emisiones o hacer menos severos sus efectos en los recursos vitales para el hombre, al igual que su propósito está en facilitar la evaluación y el análisis de esos efectos, y con miras a recomendar medidas concretas más sustentables (IPCC, 2013).

De manera que, se entiende por mitigación a la “reducción de la vulnerabilidad ante algún evento, que se logra como resultado de una acción a nivel nacional, regional o local y que puede ser realizada por el sector público o privado. Para realizar el diseño, selección e implementación de acciones de mitigación se pueden llevar a cabo el analizar y comparar la información necesaria e identificar acciones potenciales de mitigación, evaluar el impacto de las acciones potenciales en términos tecnológicos, ambientales y económicos, implementar las acciones seleccionadas y monitorear el progreso a través de indicadores” (INECC, 2018).

### 1.5.5 MEDIDAS DE ADAPTACIÓN

Se reconoce que la adaptación son “las medidas y ajustes en sistemas humanos o naturales, como respuesta a estímulos climáticos, proyectados o reales, o sus efectos, que pueden moderar el daño, o aprovechar sus aspectos beneficiosos” (IEECC, 2016) Además, se pueden distinguir varios tipos de adaptación, como la preventiva y la reactiva, la pública y la privada o la autónoma y la planificada (IPCC, 2013).

Dos aspectos importantes por considerar son: a) la incertidumbre que aún existe en torno a los posibles impactos incluyendo su tipo, magnitud y naturaleza, incertidumbre que dificulta delimitar las acciones de adaptación y b) el dinamismo de la vulnerabilidad a los impactos, que demanda la realización de evaluaciones periódicas para comprender mejor esos procesos (INECC, 2018).

Y aunque la adaptación y mitigación son estrategias complementarias para gestionar y reducir los impactos de algún suceso o conflicto, estos términos tienen definiciones y enfoques diferentes. En resumen, la mitigación puede entenderse como el reducir la vulnerabilidad ante algún evento, mientras que la adaptación es ese proceso de ajuste a los efectos actuales y futuros dirigidos a ese mismo evento.

## CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

En el presente apartado se aborda de manera detallada la metodología que se empleó para desarrollar esta investigación, con el fin de que explique la forma de la obtención de la información, organización de los datos y la forma de análisis cualitativo y cuantitativo de los resultados.

Este trabajo parte de una investigación cualitativa documental y es hipotético - deductiva, con el fin de probar la forma de atención de las ICU en los casos de estudio. El desarrollo de la investigación incluye la descripción de datos cuantitativos referentes a las temperaturas urbanas para caracterizar su comportamiento de cada caso en un periodo de 10 años sin fines probabilísticos, posteriormente, se emplea un análisis de contenido de los instrumentos de política pública municipal para identificación y clasificación de estrategias de mitigación y adaptación directas e indirectas.

En el desarrollo de la investigación se emplean datos mixtos: cualitativos (información de los instrumentos de las políticas públicas de los 4 municipios) como cuantitativos (base de datos sobre las temperaturas máximas y mínimas de los 4 municipios). Además, este tipo de estudios permiten combinar los enfoques cualitativos y cuantitativos en la metodología de investigación de un mismo proyecto o de un estudio con varias fases, que en este caso fue precisamente en los diferentes capítulos de los cuales consiste este trabajo.

### 2.1 ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN

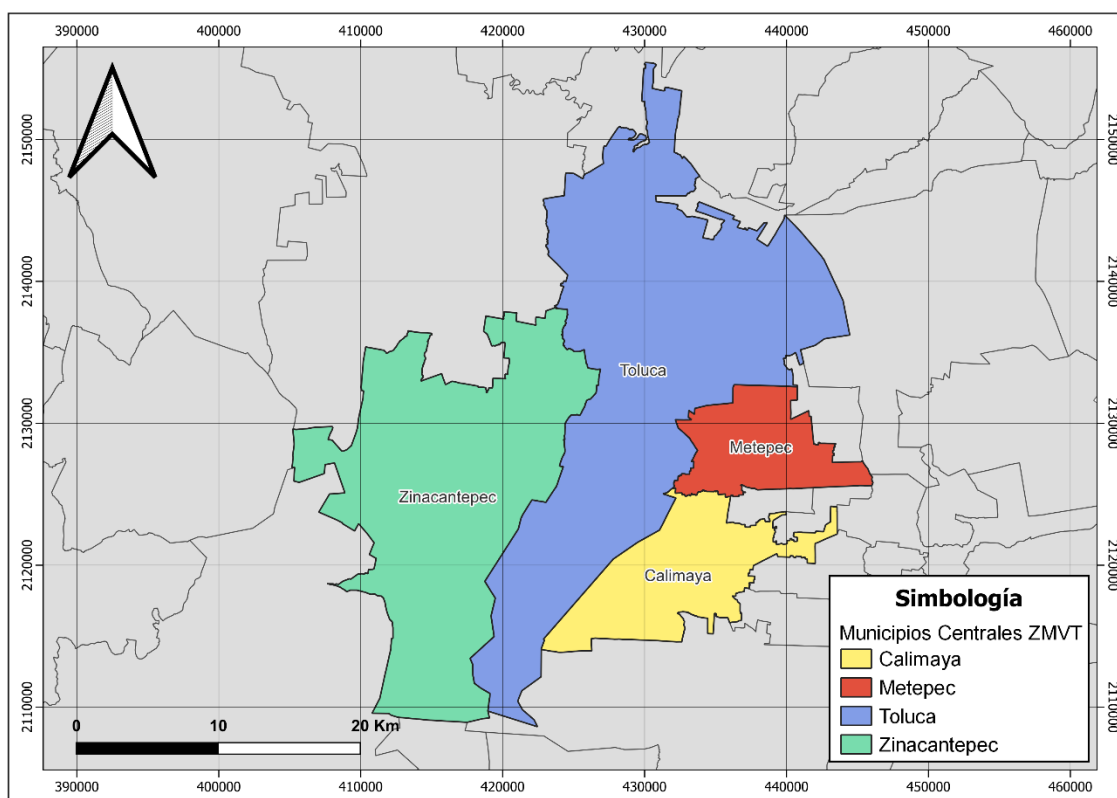
En primer lugar, se estableció la elaboración de un marco conceptual con el propósito de mostrar el fundamento teórico de la investigación, para ello, se usaron técnicas de recopilación de información, tanto de referencias bibliográficas de repositorios y plataformas como Springer Link, Science Direct y Redalyc, además de fuentes oficiales como el Sistema Meteorológico Nacional y CONAGUA.

### 2.2 SELECCIÓN DE LOS CASOS DE ESTUDIO

En segundo lugar, se seleccionaron los municipios que delimitarían la zona de estudio, siendo en este caso algunos de los municipios centrales de la ZMVT, los

cuales fueron Calimaya, Metepec, Toluca y Zinacantepec (Mapa 1), además de que estos cuentan con una población mayor a 50 mil o más habitantes. Un criterio para seleccionar a estos municipios fue su proceso de urbanización, los cuales permitieron captar diferentes etapas de crecimiento urbano. Se seleccionó primero el municipio de Toluca, el cual inició este proceso en la década de los 60's, seguido del municipio de Metepec que ocurrió su crecimiento urbano intenso a partir de los 80's, se consideró también el municipio de Zinacantepec que incrementó su área urbana en las últimas décadas y que podría ser intensificada con la construcción del Tren Urbano y por último se seleccionó, el municipio de Calimaya, que ha presentado un crecimiento a partir del año 2000 generando cambios de uso de suelo de agrícola a habitacional.

Mapa 1. Municipios Centrales de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca



Fuente: Elaboración propia.

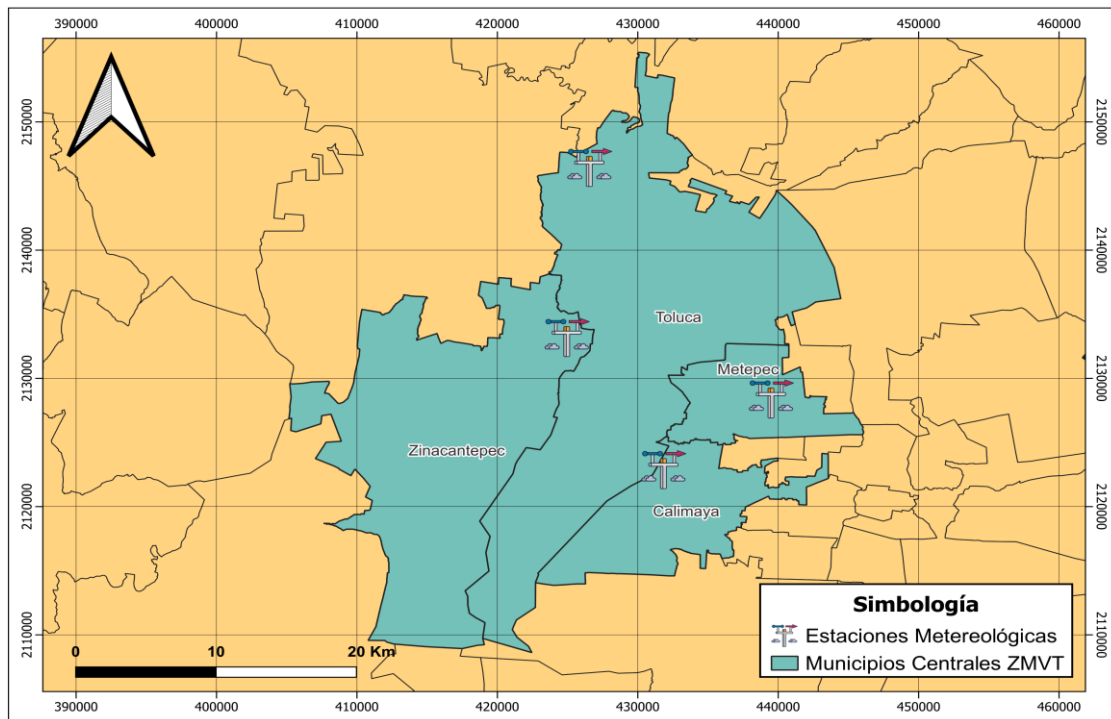
## 2.3 DESCRIPCIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE TEMPERATURAS

Se determinó la necesidad de caracterizar el comportamiento de las temperaturas de los municipios seleccionados para identificar si existe el potencial de formación de ICU o un incremento de temperatura que brinde el contexto en el cual se desarrollan las estrategias plasmadas en los instrumentos de política municipal.

Con el fin de llevar a cabo la caracterización de las temperaturas de los municipios de Calimaya, Metepec, Toluca y Zinacantepec, los datos de temperatura máxima y mínima diaria y temperatura media máxima mensual del periodo de 2010-2019 para cada municipio se solicitaron personalmente al Observatorio Meteorológico Central (Tacubaya), que pertenece al Servicio Meteorológico Nacional (SMN), el cual es el organismo público encargado de proporcionar información sobre el estado del tiempo del territorio dentro del país.

Los datos proporcionados se enviaron vía correo electrónico, los cuales son provenientes de estaciones meteorológicas, que son instalaciones destinadas a medir y registrar regularmente diversas variables del tiempo en diferentes zonas de cada municipio. Siendo estas las siguientes estaciones analizadas en el Mapa 2:

*Mapa 2. Estaciones Meteorológicas en los municipios centrales de la ZMVT*



Fuente: Elaboración propia.



Además, es necesario mencionar que las estaciones disponibles dentro de los municipios de estudio contenían información diferente dentro de cada base de datos disponible por parte de cada estación meteorológica, por lo tanto, la información proporcionada quedó de la siguiente manera (Tabla 1):

*Tabla 1. Estaciones Meteorológicas de la ZMVT*

Clave de la estación	Nombre	Municipio	Periodo
MX15126	TOLUCA (OBS)	Zinacantepec	2010 - 2019
MX15063	NUEVA SANTA ELENA	Toluca	2010 - 2019
MX15395	ZOOLOGICO DE ZACANGO	Calimaya	2010 - 2016
N/A	CODAGEM	Meteppec	2010 – 2019 (incompletos)

Fuente: Elaboración propia con base al Servicio Meteorológico Nacional (2022).

Se revisaron y seleccionaron las bases de datos que contenían más información para la tabulación de datos ya que es importante recalcar que no todas las estaciones contenían información completa en todos los años previstos a estudiar en el periodo de 2010 a 2019.

Cabe mencionar que la base de datos contenía la fecha con su respectiva temperatura máxima y temperatura mínima, pero se observó que algunos datos de temperaturas venían en números con decimal y otros venían en números redondos, algunos otros venían vacíos en ciertos meses de cada periodo mientras que otros no contenían ninguna información de todo un periodo como el caso del municipio de Meteppec. Para el caso de algunas celdas vacías se decidió calcular el promedio con respecto a los valores diarios por cada mes por año de cada periodo estudiado, esto se realizó en el programa de Excel. Con las bases de datos, se identificaron los valores de temperaturas más alta registrada de cada mes para tener un panorama general de cada municipio dentro de ese lapso en la base de datos.

Asimismo, se integró a la base de datos, los valores de temperatura media máxima mensual y media mínima mensual del periodo (2010-2019) de cada municipio

calculada y proporcionada por el SMN. El tabulado de los datos empelados en la investigación se presentan en el Anexo 1.

También, se calculó la desviación estándar de los datos diarios de los 4 municipios, como lo es en este caso la temperatura media máxima y mínima mensual, con el fin de observar la variación de los datos que difieren de la media del periodo establecida por el SMN.

Para representar la información más relevante del análisis previo, se elaboraron gráficas ilustrativas, mismas que se explican mensual y anualmente con la intención de demostrar el incremento gradual de temperatura, comparándolo con el rango de las temperaturas medias ya establecidas por el SMN, esto por los últimos 10 años dentro de los 4 municipios de la zona de estudio, esta caracterización busca identificar si existe un incremento de temperatura que incite la formación de las Islas de Calor.

## 2.4 ANÁLISIS DE CONTENIDO

Con fin de identificar las estrategias de mitigación y adaptación que han propuesto los municipios, se empleó la técnica cualitativa de análisis de contenido, el cual tiene como propósito básico la identificación de determinados elementos que componen los documentos escritos: letras, palabras, párrafos, títulos, temas, etc. y su clasificación bajo la forma de variables y categorías para la explicación de fenómenos sociales bajo investigación (Chaves, 2002).

Por ello, se inició con una revisión documental en plataformas virtuales de los planes y programas de los municipios seleccionados de las actuales y previas administraciones locales, así como los documentos federales y estatales que estuvieran disponibles en línea, esto debido a que esta fase del trabajo se realizó en la contingencia sanitaria COVID-19. Se recabaron diferentes documentos e instrumentos oficiales de las diferentes administraciones, se obtuvieron de las últimas 3 a nivel municipal, mientras que de las administraciones de México y el Estado de México únicamente se tomaron los 2 últimos sexenios, que corresponde a un periodo de 10 años. Los planes, programas y proyectos fueron recopilados con el fin de evidenciar la existencia o carencia e importancia de las estrategias y líneas

de acción sobre el tema del aumento de temperatura e ICU dentro de la zona la zona de estudio, así como tener un panorama general dentro del país y estado.

Para el caso de Calimaya solo se encontraron 2 instrumentos de políticas públicas dentro del sitio web del ayuntamiento, los cuales fueron el Plan de Desarrollo Municipal de Calimaya – PMD (2019-2021) y el Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Calimaya – PMDU (2016-2018). Metepec contó con 4 documentos, siendo Plan de Desarrollo Municipal de Metepec – PDM (2019-2021), Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Metepec - PMDU (2016-2018), Plan de Acción Climática Municipal de Metepec – PACMUN (2017) y el Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Metepec – PMDU (2018). Para el caso de Toluca se utilizaron 5, entre ellos están el Plan de Desarrollo Municipal de Toluca – PDM (2019-2021), Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Toluca - PMDU (2016-2018), Plan de Acción Climática Municipal de Toluca – PACMUN (2013-2015), Plan de Desarrollo Municipal de Toluca (2016-2018) y el Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Toluca – PMDU (2018), mientras que con Zinacantepec únicamente se localizaron 2, siendo el Plan de Desarrollo Municipal de Zinacantepec – PMD (2019-2021) y el Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Zinacantepec – PMDU (2016-2018).

A lo largo de la búsqueda se fue revisando cuidadosamente con la ayuda de palabras clave debido a que cada documento contaba con un diferente orden y estructura. Con el fin de encontrar todas las estrategias de adaptación y mitigación dirigidas a las ICU. Dichas palabras fueron las siguientes:

- Islas de Calor
- Islas de Calor Urbana
- Medio ambiente
- Ciudades sustentables
- Proyectos sociales
- Áreas verdes
- Infraestructura verde
- Azoteas/muros verdes
- Parques
- Políticas
- Cambio climático
- Calidad del aire
- Reforestación
- Educación ambiental
- Albedo

Posteriormente, se clasificó la búsqueda en estrategias directas e indirectas. Las estrategias directas son las que incluyeron todas aquellas las palabras como “Islas de Calor”, “Islas de Calor Urbanas” y “Reducción de temperatura” y conceptos

relacionados con áreas verdes, reforestación, techos y azoteas verdes. Mientras que, en las indirectas se consideraron todas aquellas acciones que se relacionen con el cuidado del medio ambiente, la protección de ecosistemas, desarrollo de proyectos ecológicos, la movilidad y transporte sustentable, energías renovables, calidad del aire, atención a espacios públicos, disminución de los efectos del cambio climático, elaboración de talleres para la educación ambiental y la protección al ambiente y áreas naturales.

Como se identificaron diferentes estrategias, en particular indirectas también se clasificaron en tres categorías que son: urbano, social y ambiental, a fin de evidenciar la existencia o el nulo compromiso de los gobiernos de actuar ante la problemática de las ICU.

La propuesta final para la elaboración y acomodo de las acciones y estrategias de cada instrumento fue el siguiente (Tabla 2):

*Tabla 2. Categorías de las estrategias de adaptación y mitigación sobre Islas de Calor directas e indirectas*

<b>Estrategias de mitigación</b>			
	<b>Urbano</b>	<b>Social</b>	<b>Ambiental</b>
Directas			
Indirectas			
<b>Estrategias de adaptación</b>			
	<b>Urbano</b>	<b>Social</b>	<b>Ambiental</b>
Directas			
Indirectas			

Fuente: Elaboración propia.

Cabe recalcar que no todos los documentos contenían cada variable establecida, por lo tanto, dentro de las tablas elaboradas por cada instrumento político únicamente se mostraron los recuadros en los cuales si se podía colocar la información necesaria para su interpretación.

Para la clasificación tanto de las estrategias de mitigación como las de adaptación, primeramente, al revisar los documentos se identificó que ya tenían una clasificación establecida dentro de estos dos tipos de acciones, simplemente se respetaron y colocaron en los recuadros correspondientes. Hubo algunas casos

en los cuales simplemente señalaban las estrategias junto con sus líneas de acción sin mencionar si iban encaminadas a la mitigación o a la adaptación. Para clasificar estas estrategias dirigidas directa o indirectamente a la problemática de las ICU, se retomaron las definiciones plasmadas en el marco teórico en particular del IPCC, tomando como criterio los verbos relacionados a esas definiciones y con base a la redacción presentada en el documento oficial. Es decir, aquellos verbos relacionados como disminuir, reducir, consolidar, minimizar, contribuir, gestionar se ubicaron en la mitigación porque son acciones sobre algo que ya existe. Mientras que los verbos como prevenir, planear, iniciar, impulsar, incrementar, promover, diseñar, implementar y coordinar correspondieron a adaptación. Debido al número y variedad de estrategias, se decidió hacer 3 categorías referentes a los aspectos: urbano, social y ambiental para facilitar su análisis. Cabe señalar que pueden existir casos de estrategias que se podrían clasificar tanto en mitigación como adaptación por la subjetiva de las definiciones.

## 2.5 ANÁLISIS DE LOS DATOS DE TEMPERATURA Y ESTRATEGIAS MUNICIPALES

Los resultados de estrategias clasificadas se usaron con el fin de determinar si se están atendiendo con el actual o potencial incremento de temperatura, al igual que a las ICU, las cuales deben analizarse paralelamente con el contexto que nos brinda el comportamiento de temperaturas.

Por ello, el siguiente paso consistió en contrastar las evidencias de temperatura con las políticas públicas con el fin de argumentar y sintetizar los resultados obtenidos y así primero determinar si la tendencia del incremento de temperatura fue suficiente para evidenciar la formación de las posibles ICU dentro de cada municipio, además de analizar si las políticas existentes (directas o indirectas) fueron las adecuadas o suficientes para la prevención o en su caso para la disminución ante esta problemática.

Para entender de una manera más clara el proceso de urbanización y el comportamiento de temperaturas se obtuvieron datos de otras variables como: población total (2010 y 2015), densidad de población (comparación 2010-2019) y número de autos (comparación 2010-2019), todas obtenidas de INEGI (2010, 2015 y 2019).

Finalmente, se elaboró un cuadro comparativo en el cual se integran los resultados más relevantes del comportamiento de temperatura, estrategias directas e indirectas, las variables de población, densidad de población y número de autos, para desarrollar la discusión integral de los resultados, el cual permitió observar la eficiencia o en su caso las carencias en la manera de actuar de los municipios ante la problemática del aumento de temperatura, así como a las ICU.

## CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE COMPORTAMIENTO DE TEMPERATURAS EN LA ZONA DE ESTUDIO.

Este capítulo presenta los resultados obtenidos de los datos de temperaturas máximas y mínimas de los cuatro municipios dentro de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca. Posteriormente se identifica el comportamiento de las temperaturas para cada municipio con el fin de evidenciar la posible tendencia de un aumento de temperaturas que pueda favorecer la presencia de islas de calor en los municipios estudiados.

Se solicitó al SMN (2022) los registros de los datos de las temperaturas máximas y mínimas del periodo 2010-2019. De los cuales se trabajaron tres variables: 1) la temperatura media del periodo 2010-2019 2) las temperaturas medias máximas mensuales y 3) el registro de T° Máx. registrado en cada mes por año. Cabe señalar que no todos los municipios contenían la información completa de este periodo, por lo que varían por municipio.

A continuación, se presenta la descripción de temperaturas medias, medias máximas y medias mínimas para cada municipio por periodo 2010-2019. Se inicia por el municipio de Calimaya, seguido de Metepec, Toluca y Zinacantepec.

### 3.1 CALIMAYA

De acuerdo con el H. Ayuntamiento de Calimaya (2022):

“La temperatura media anual de este municipio varía entre los 12° y 14° Centígrados. Para la temperatura del mes más cálido es inferior a 22°C y se registra antes del 21 de junio”. Mientras que la mínima oscila en los 3 a 5°C comúnmente en los meses de enero, febrero y diciembre. Y para el resto del año las temperaturas van desde los 19 a los 22°C como máxima y entre los 7 a los 11°C en el caso de las temperaturas mínimas.”

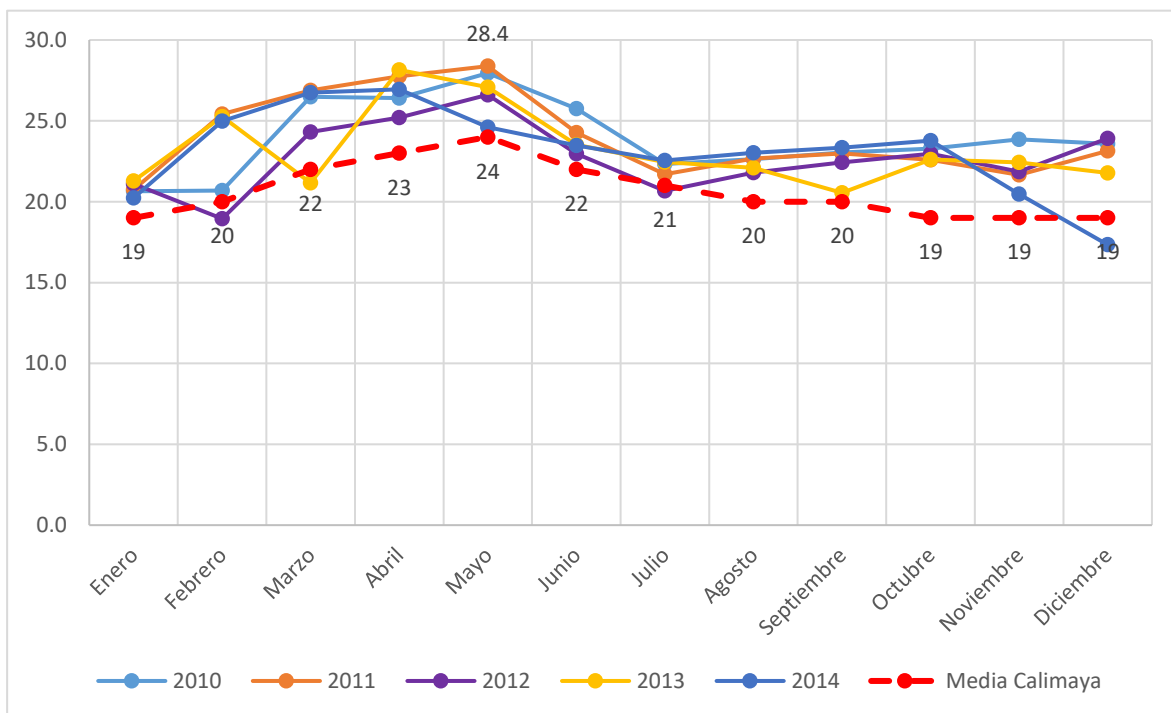
La información obtenida por parte del SMN (2022) para el municipio de Calimaya, solo tenía datos de los años 2010 al 2016. De acuerdo con la información de este periodo, se identificó que los años 2011, 2012, 2013 y 2014, mostraban similitud en el

comportamiento de las temperaturas medias máximas registradas mensualmente por año y por su parte los años 2015 y 2016 mostraban una misma tendencia.

### 3.1.1 Temperaturas máximas en Calimaya

La temperatura media mensual y las temperaturas medias máximas mensuales del periodo de 2010-2014 de Calimaya se presentan en la Gráfica 1. La línea roja corresponde a las medias mensuales y se observa que oscilan entre un rango de 19 a 24°C, presentando temperaturas más altas en los meses de abril y mayo con 23 y 24°C respectivamente. En los meses de febrero a mayo se da un aumento gradual de la T° máx. media mensual de los 20 a los 24°C. Con el periodo de lluvia disminuyen estas temperaturas hasta los 20°C. Finalmente, en los meses de octubre a diciembre se mantienen en los 19°C.

Gráfica 1. Temperaturas medias máximas de la estación Zoológico de Zacango en el 2010 - 2014



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del SMN (2022)

En cambio, dentro de los valores de las temperaturas medias máximas mensuales varía desde los 17.3 hasta los 28.4°C, la mayoría de los años estuvieron por encima del promedio de la media mensual del municipio, sobre todo dentro de los meses



de febrero a mayo oscilando entre los 25 hasta los 28.4°C. Se observa que durante el periodo de lluvias de julio a octubre disminuyeron en un rango de 20.7 a 23.8°C y para los meses de noviembre y diciembre suben alcanzando los 24°C. Además de que en diciembre de los 3 primeros años del periodo presentó una máxima de 26°C.

Mientras que el valor más alto de T. máx. de cada mes se muestran en la Tabla 3:

*Tabla 3. Registros más altos de temperaturas máximas por mes (2010-2014)*

Registros Más Altos De Temperaturas Máximas Por Mes (2010-2014)												
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
2010	26.5	26	30	29	31.5	28.5	25	25	24.5	28	26	26
2011	24	29	29.5	30	30	28	23	25	24	26	24	26
2012	25	24.5	28	28.5	30	30	23	23	24.5	25.5	23.5	26
2013	24	29	29.5	30.5	30	30	25	24	24.5	26	25	25
2014	24	28	32	30	28	26	24.5	25	25	29	24	20

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del SMN (2022)

En los meses de enero a julio se registran los datos más altos en temperatura máxima oscilando entre 25 y 32°C (la más alta presentada en el mes de marzo). Se destaca que en el mes de abril del 2013 se presentó un registro de 30.5°C y en el mes de marzo del 2014 teniendo una temperatura de 32°C, los puntos más altos de las temperaturas máximas.

De manera general se mantiene en un rango de 19 a 22°C, como indica la literatura, solo se resalta que en el mes de abril y mayo si tiene un incremento de 6 o 10°C de T° máx. media mensual.

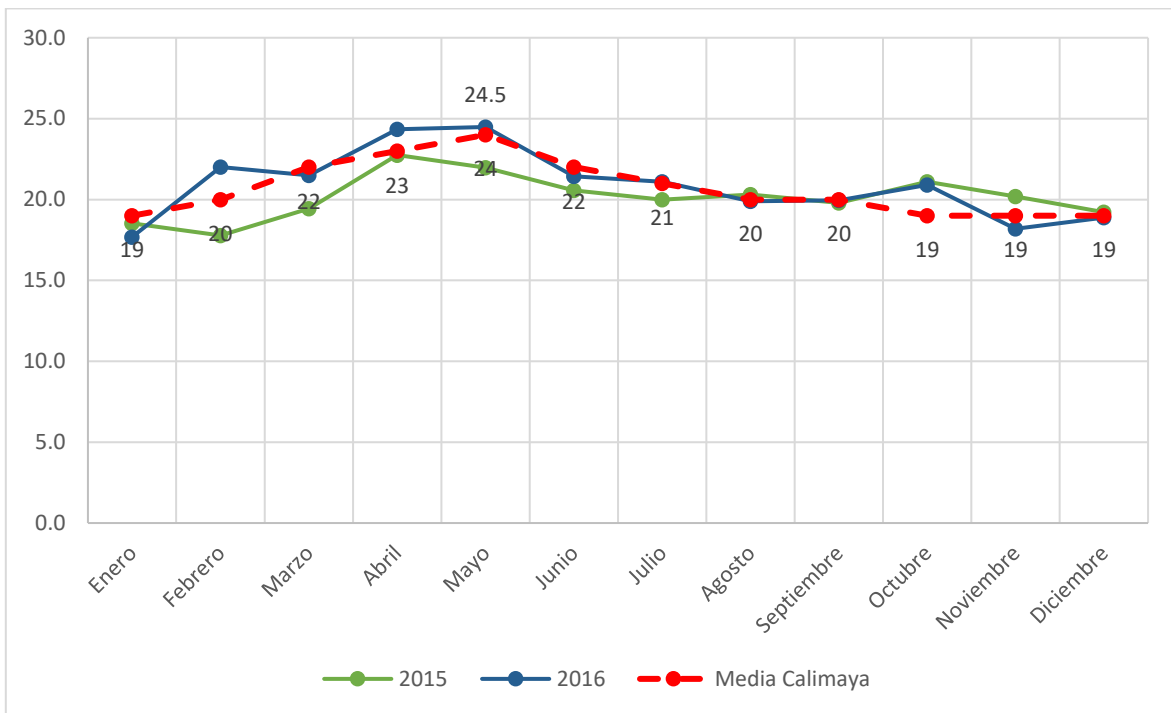
Además, en estos años a pesar de que el incremento de temperatura más notorio fue en el periodo de marzo a junio, el comportamiento de las altas temperaturas que rebasan la media se empieza a reflejar más en los meses de enero, febrero, noviembre y diciembre, ya que la media mensual debería de rondar en los 19 a 20°C y los valores registrados estuvieron por arriba de los 23°C.

Por otro lado, la desviación estándar de los datos en este periodo indica que la variación de temperaturas ocurrió principalmente en los meses de enero, febrero,

marzo, noviembre y diciembre, los cuales tuvieron una diferencia de temperatura que van desde los 2°C hasta los 5°C.

Para el caso este periodo (2015-2016) existió únicamente un incremento ligero dentro del promedio de las temperaturas medias máximas mensuales en los meses de noviembre del 2015 con un valor de 20.2°C y para febrero, abril, mayo y octubre del 2016, el cual estuvo en un rango de 20.9 a 24.5°C, este último ocurrió en el mes de abril y fue el valor máximo que se dio dentro de este periodo, estos datos se ven reflejados en la Gráfica 2:

*Gráfica 2. Temperaturas medias máximas de la estación Zoológico de Zacango en el 2015 - 2016*



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del SMN (2022)

Mientras que, el dato máximo de las temperaturas máximas varió desde los 20 a 28°C, en donde se identificaron años donde los grados máximos de temperatura máxima fueron en los meses de marzo, abril, mayo y octubre, mismas que se presentan en la Tabla 4:

Tabla 4. Registros más altos de temperaturas máxima por mes (2015-2016)

Registros Más Altos De Temperaturas Máxima Por Mes (2015-2016)												
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
2015	21	23	23	24.5	24	23	24	22	22	26.5	22	22
2016	22	26	28	27	27	26	23	23	22.5	22.5	21	20.5

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del SMN (2022)

A pesar de que estos 2 años tuvieron un comportamiento parecido entre sí, en marzo del 2016 con una temperatura de 28°C fue el punto máximo que se alcanzó en este periodo. A partir de mayo la temperatura tiende a bajar gradualmente hasta el mes de julio, cuando nuevamente empieza a incrementar e incluso para el mes de octubre se tuvieron temperaturas altas que variaron entre los 21 hasta los 26.5°C y nuevamente disminuyendo para los meses de noviembre y diciembre con una máxima de 22°C.

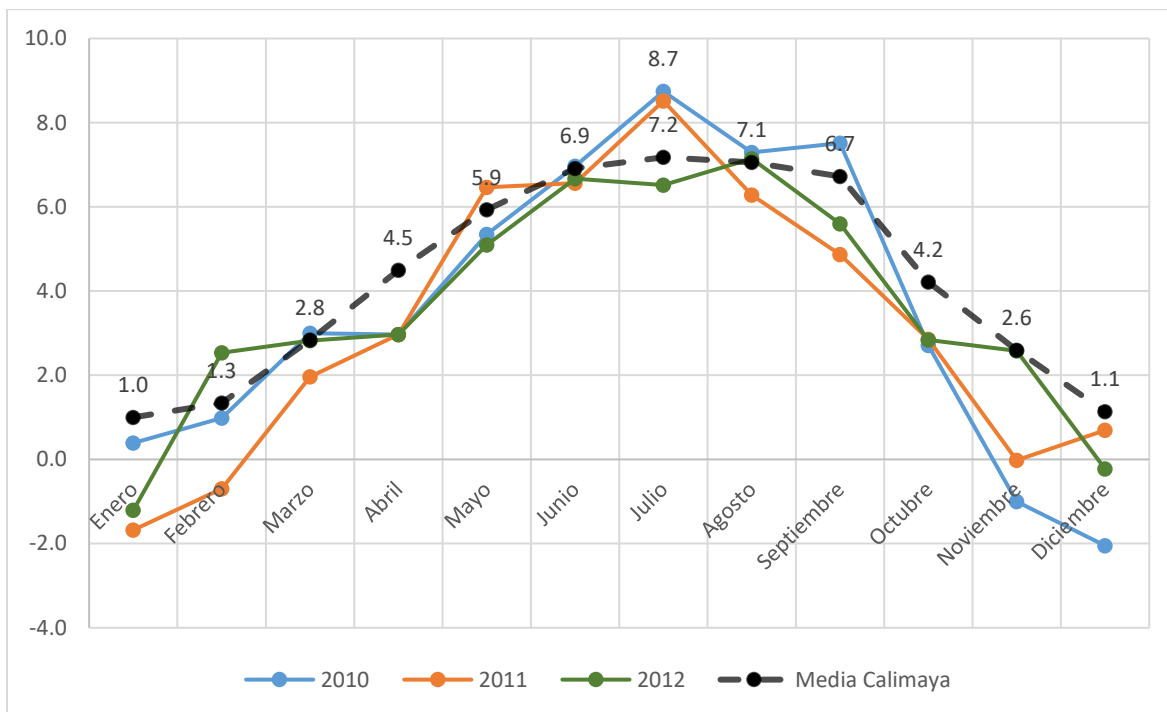
Por otro lado, los meses de enero y diciembre se tuvieron temperaturas por encima de su media, registrando un rango entre 20 a 24°C, cuando la temporada invernal del año se debería de registrar temperaturas menores a los 19°C.

### 3.1.2 Temperaturas mínimas de Calimaya

En el caso de las temperaturas mínimas, la media mensual se obtuvo calculando los datos de las temperaturas mínimas mensuales proporcionadas por el SMN, esto con el fin de que se permita visualizar la tendencia de las temperaturas a lo largo del periodo de estudio.

Dentro de los valores de la media mínima mensual, la línea negra muestra que en enero se suele tener una temperatura de 1°C y tiende a incrementar gradualmente, a partir de mayo se empiezan a registrar temperaturas más elevadas con 5.9°C, hasta llegar al punto máximo en el mes de agosto con un promedio de 7.1°C, seguido de ello, nuevamente las temperaturas empiezan a bajar en el periodo de octubre a diciembre en un rango que va desde los 1.1 hasta los 4.2°C, estas temperaturas están representadas en la Gráfica 3, la cual mostrará también las temperaturas medias mínimas máximas registradas a lo largo de este periodo. La variación de temperaturas está en un rango de - 2 a 8.7°C

Gráfica 3. Temperaturas medias mínimas de la estación Zoológico de Zacango en el 2010 - 2012



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del SMN (2022)

Las bajas temperaturas predominan dentro de este periodo (2010-2012), ya que principalmente los meses de enero hasta mayo y octubre a diciembre tuvieron temperaturas desde los -2 hasta los 5.9° sin embargo, los meses de junio, julio, agosto y septiembre se tuvieron las temperaturas más elevadas que rondan entre los 6.6 hasta los 8.7°C, donde este último valor ocurrió en julio del 2010, mientras que el 2011 registró una temperatura similar al año anterior, alcanzando 8.5°C.

Mientras que el valor más alto de T. mín. de cada mes se muestran en la Tabla 5:

Tabla 5. Registros más altos de temperaturas mínimas por mes (2010-2012)

Registros Más Altos De Temperaturas Mínimas Por Mes (2010-2012)												
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
2010	2	4.5	6	5.5	8	8.5	10.5	10.5	10	4.5	3.5	0
2011	0	0.5	4	6	8.5	10	9.5	8	8.5	8.5	2	3
2012	1.5	5	5.5	4.5	7.5	9	7.5	9	6.5	6	7	2

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del SMN (2022)

Se identificaron julio, agosto y septiembre como los meses con los valores máximos, donde en el 2010, en el mes de agosto se alcanzó el punto máximo con 10.5°C,

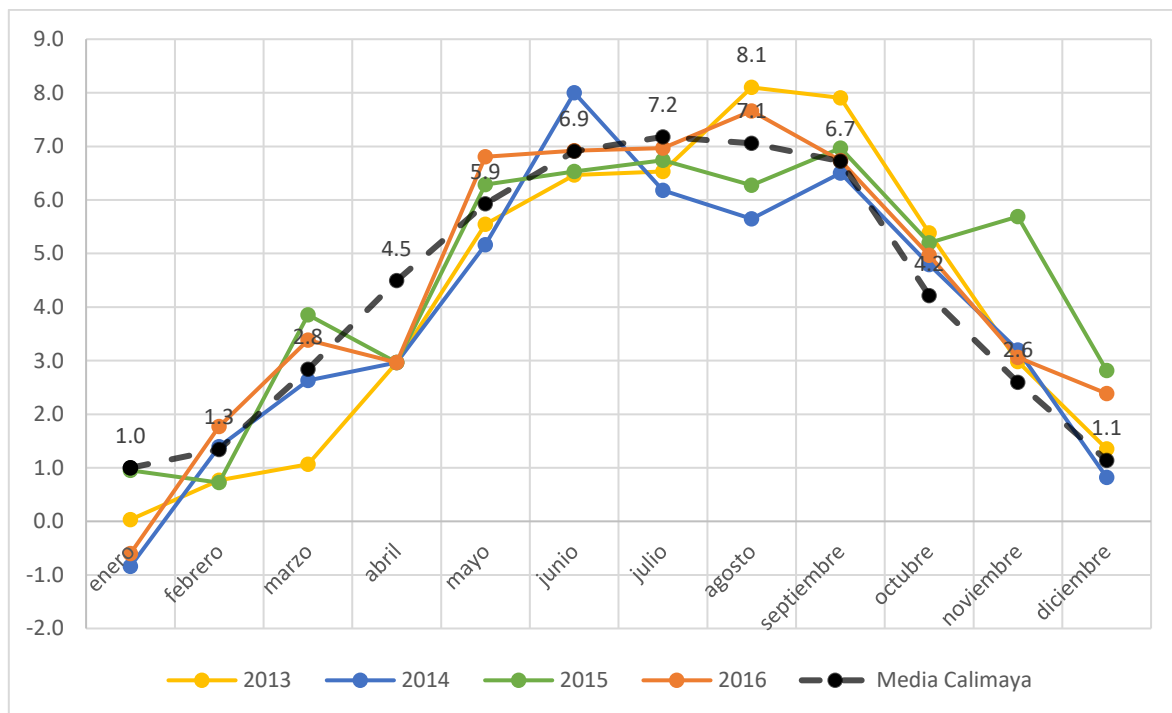
seguido de septiembre con 10°C, para el resto de las temperaturas bajas, el comportamiento con respecto a su media mensual quedó acorde e incluso por debajo de ella.

Por otro lado, en los meses más fríos, en este caso noviembre, diciembre y enero, sobresalen con una temperatura de 7°C.

Con respecto a los valores de la desviación estándar la mayor dispersión ocurrió en los 3 últimos meses del año principalmente, en donde los cambios de temperatura que más variaron estuvieron en valores de 1.5 a 3.6°C.

En cambio, en los años 2013, 2014, 2015 y 2016, la temperatura media mínima sobresalió en la mayoría de los meses a comparación de la media mensual del municipio durante este periodo, mismas que se muestran en la Gráfica 4 a continuación:

*Gráfica 4. Temperaturas medias mínimas de la estación Zoológico de Zacango en el 2013 - 2016*



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del SMN (2022)

Sin embargo, de enero hasta mayo, las temperaturas que se registraron para los 4 años subieron gradualmente hasta alcanzar una temperatura de 6.8°C, mientras

que, las temperaturas empezaron a tener un incremento aún mayor a partir del mes de junio con 8°C, alcanzando el punto máximo con 8.1°C en el mes de agosto (2013), los meses de septiembre y diciembre tuvieron un descenso de temperaturas registrando valores en un rango de 1.4 a 7.9°C

Mientras que, en la Tabla 6 se muestran los valores más altos registrados dentro de las temperaturas mínimas que fuero en un rango entre los 3 a los 11°C como la temperatura más elevada en septiembre del 2016:

*Tabla 6. Registros Más Altos De Temperaturas Mínimas Por Mes (2014-2016)*

Registros Más Altos De Temperaturas Mínimas Por Mes (2014-2016)												
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
2014	3	3	7	7.5	8.5	10	7.5	7.5	7.5	7	6	4
2015	3	3	5.5	6.5	8	8	8.5	8	9	10	7	5
2016	3	5	7	8	8.5	9	8.5	10	11	8	8	5

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del SMN (2022)

También, se puede observar un pequeño incremento de temperatura en los valores de mayo y junio donde rondan con valores de 8 a 10°C, mientras que en enero, noviembre y diciembre existió un incremento hasta llegar a los 5°C, los cuales deberían de estar entre un promedio de 1 a 2.6°C como máximo.

Con respecto a los datos de los años del 2017, 2018 y 2019 que se registraron dentro de la estación meteorológica del municipio, están se encuentran incompletas, por lo que no fue posible realizar un correcto análisis de las temperaturas reflejadas a lo largo de estos periodos.

### 3.2 METEPEC

De acuerdo con el Plan Municipal de Desarrollo Urbano (2016):

“La temperatura promedio del Municipio oscila entre los 10 y los 14° C, mientras que durante la temporada invernal se registran temperaturas mínimas de 3° C, que pueden descender a los -2° C en invierno. Además de que la máxima está entre los 26 a 28°C y su media se encuentra en 14°C.”

Al solicitar estos datos al Observatorio Meteorológico Central mencionaron que no se contaba con ningún registro de alguna estación meteorológica dentro del Municipio en el periodo que se está analizando en esta investigación. Por lo que, se trabajaron con los datos de las temperaturas máximas y mínimas mensuales que se obtuvieron de la página web del Sistema Meteorológico Nacional (2022) que corresponde a la estación meteorológica de CODAGEM, la cual es la única estación disponible del SMN. Cabe señalar que la base de datos obtenida está incompleta pues tiene vacíos de información en algunos meses de cada año, lo que limita calcular promedios de temperatura adecuadamente. Además, no se tuvo acceso a datos diarios, por lo tanto, no se pudo identificar los registros más altos de temperatura para cada mes, de los años del periodo (2010-2019).

Los datos de media mensual de T° máx. del periodo 2010 al 2019 se presentan en la Tabla 7, los únicos años que tuvieron datos por los 12 meses fueron el 2015, 2016 y 2018, mientras que el 2012 y 2019 tuvieron deficiencias con respecto en sus registros en más de la mitad del año:

### 3.2.1 Temperaturas máximas en Metepec

Tabla 7. Temperatura media máxima en Metepec (2010 - 2019)

TEMPERATURA MEDIA MÁXIMA														
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Temperatura media máxima anual	Registro más alto de temperatura en el año
<b>2010</b>	19.2			<b>25.0</b>			22.3	22.7		22.2	21.1		22.1	25.0
<b>2011</b>	21.8	22.4	23.9	23.0	20.7	19.6	20.1		21.0	19.6			21.3	23.9
<b>2012</b>	<b>23.0</b>												23.0	23.0
<b>2013</b>			<b>26.3</b>	<b>25.8</b>		22.0	20.8	19.6	21.8				22.7	26.3
<b>2014</b>	19.0		24.8	<b>25.2</b>	24.7	21.8	22.0		22.2	21.8	21.8	19.9	22.3	25.2
<b>2015</b>	20.9	21.5	21.9	24.9	23.6	22.5	21.4	23.0	22.4	<b>23.0</b>	<b>23.9</b>	22.1	22.6	24.9
<b>2016</b>	20.2	<b>23.4</b>	22.5	<b>26.6</b>	<b>26.8</b>	22.9	22.8	22.9	22.8	<b>23.3</b>	21.7	<b>22.5</b>	23.2	26.8
<b>2017</b>	<b>22.4</b>	<b>23.4</b>	23.8	<b>25.4</b>	23.2	23.3	22.8	24.4	22.7	<b>23.0</b>	22.8		23.4	25.4
<b>2018</b>	20.7	22.5	24.1	23.9	24.7	23.2	23.3	22.0	22.9	22.3	21.2	21.9	22.7	24.7
<b>2019</b>	<b>22.8</b>	<b>23.9</b>	<b>26.2</b>										24.3	26.2

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del SMN (2022)

Por otro lado, las temperaturas más altas que registró esta estación fueron precisamente en los meses de abril y mayo con valores de 26.6°C y 26.8°C respectivamente, que están dentro del rango de los 26 a 28°C. Sin embargo, cabe señalar que los meses de octubre a febrero presentan temperaturas arriba de los 22°C, los cuales reflejan temperaturas altas para esta etapa del año y que pueden estar asociados con la formación de islas de calor invernales.

Además, viendo la secuencia de temperaturas año tras año, se puede observar que los últimos 3 (2017 - 2019) tuvieron un incremento de temperatura a comparación de los primeros años estudiados.



### 3.2.2 Temperaturas mínimas en Metepec

Dentro de las temperaturas mínimas (Tabla 8), los meses de mayo y junio tienden a registrar los 11°C como media mensual, mientras que el resto de los meses oscilan entre los 4 a 9°C, exceptuando igualmente enero y diciembre que alcanzan únicamente los 0 a 3°C.

Tabla 8. Temperatura media mínima en Metepec (2010 - 2019)

TEMPERATURA MEDIA MÍNIMA														
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Temperatura media mínima anual	Registro más alto de temperatura en el año
2010	-7.5	-5	-2	0.5	3	6	4	2	1	1	-0.5	-3.5	-0.1	6
2011	-7.5	-4.5	-4	1	4	4.5	5.5	4	4	-1	-6.5		0.0	5.5
2012	-4	-5	-2	3	5	5	6	4.5	7	3	0.7		2.1	7
2013	-4.1	-4.1	-4	3.3	3.5	6	4	6	7	4	0.5		2.0	7
2014		-5	0	2	4	5	4.5	4	7				2.	7
2015	-5	-1	-3.5	1	4	4	6	4		-1			0.9	6
2016	-6.5	-4	-2.5		3	4	6	6	6	-2	-4		0.6	6
2017	-3			4		6	6.5		1	-3			1.9	6.5
2018	-3	1	4	2	6	6	7		4	-3			2.	7
2019	-3												-3.0	-3

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del SMN (2022)

En cambio, dentro de los valores de esta estación meteorológica se puede notar que las temperaturas bajo cero prevalecen a lo largo de los meses de enero, febrero, marzo y diciembre, llegando a tener una intensificación en los valores, llegando hasta los -7.5°C, algo anormal para este municipio ya que debido a su localización no es común este tipo de temperaturas, además, la temperatura más elevada que se llegó a registrar fue de 7°.

### 3.3 TOLUCA

De acuerdo con los datos de INEGI y el SMN (2020), en el municipio de Toluca:

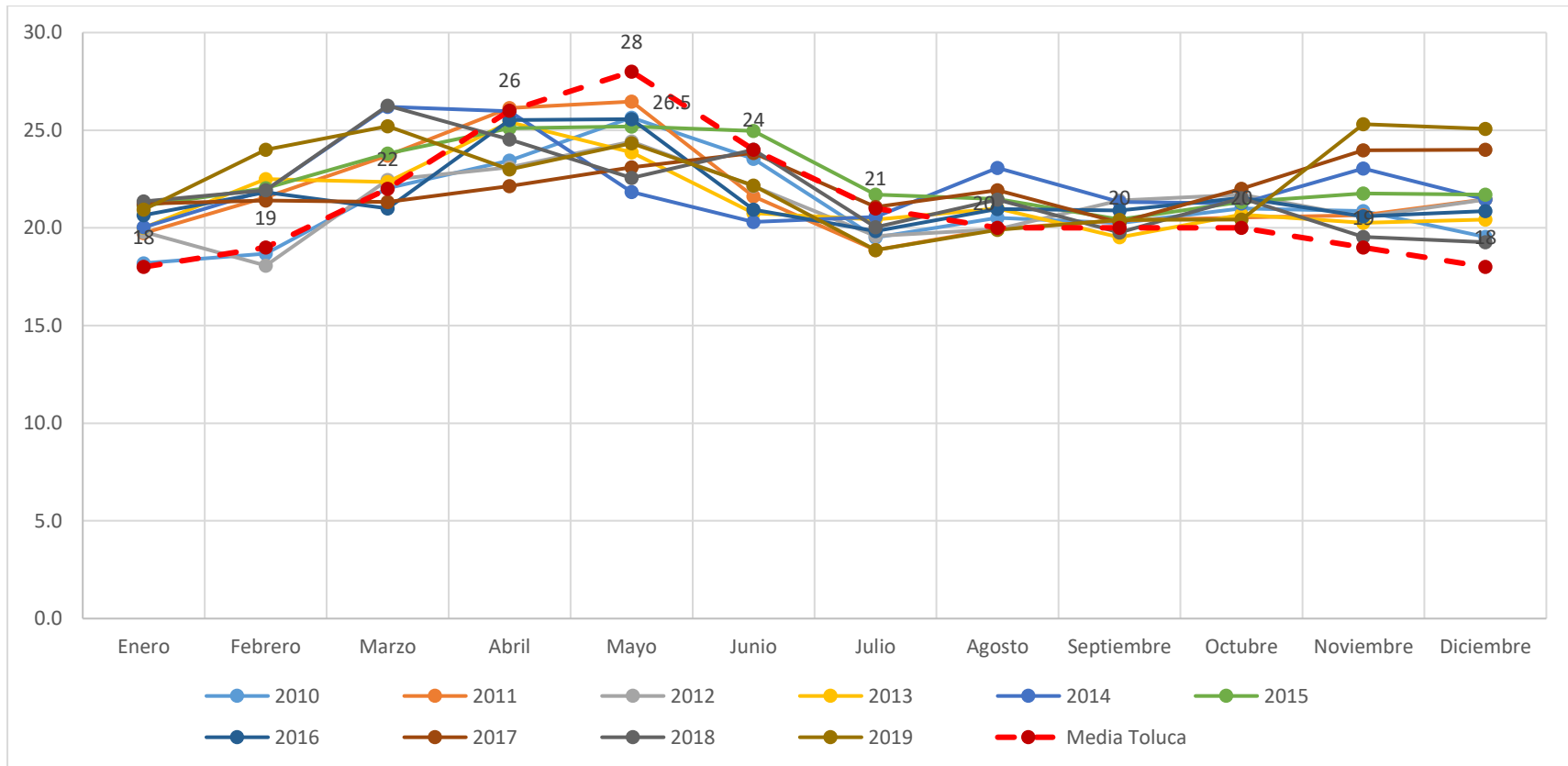
“La temperatura media anual es de 14.7°C, mientras que la temperatura máxima se presenta en abril y mayo de 26°C a 28°C, mientras que la media máxima mensual se registra en los 29°C para estos meses, por el contrario, la menor registrada es en enero con una máxima 18°C y la rara vez llega a alcanzar los 21°C, pero es más común que la temperatura se presente entre los 22 a 24°C para los meses restantes. En cambio, dentro de la temperatura mínima que se tiene registrada, la media anual oscila entre los 4 hasta los 8°C, donde los meses más elevados son en mayo a julio y los más fríos son enero, febrero y diciembre”.

La información obtenida para este municipio sobre las temperaturas máximas y mínimas, por parte del SMN (2022) fue completa para el análisis de este periodo (2010-2019).

#### 3.3.1 Temperaturas máximas en Toluca

Las temperaturas medias máximas mensuales y la media del periodo estudiado del municipio se muestra en la Gráfica 5, donde la línea roja en este caso corresponde a la media mensual del periodo (2010-2019), misma que fue proporcionada por el SMN (2022), en ella se observa que las temperaturas oscilan en un rango de 18 a 28°C, mostrando las temperaturas más altas en los meses de abril, mayo y junio con valores que van desde los 24 a los 28°C, donde este último se presenta en el mes de abril. Mientras que en los meses de enero a marzo la temperatura inicia con 19°C en incrementa gradualmente hasta alcanzar los 22°C, en cambio a partir del mes de julio los registros comienzan a bajar debido a la temporada de lluvias con un promedio de 21°C, seguido del mes de agosto con una temperatura de 20°C que se mantiene hasta octubre, finalmente los meses de noviembre y diciembre terminan con valores de 19 y 18°C respectivamente.

Gráfica 5. Temperaturas medias máximas de la estación Nueva Santa Elena en el 2010 - 2019



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del SMN (2022)

Por otro lado, de acuerdo con los valores de las temperaturas medias máximas mensuales de cada año, éstas varían desde los 18.1 a 26.5°C, los cuales no alcanzaron la temperatura media mensual más alta de 28°C en el mes de abril. Sin embargo, los meses más fríos como enero, noviembre y diciembre superaron la media máxima de periodo (2010-2019) en la mayoría de los años. En el mes de enero se registró una media mensual máxima entre los 18.2 hasta los 21.4°C, febrero

incrementó su rango llegando hasta los 24°C, aumentando su temperatura en los meses siguientes con una máxima en el mes de abril (2011) con 26.5°C. En seguida, las temperaturas nuevamente tendieron a bajar en los meses de junio hasta octubre, en donde el valor más bajo estuvo en el mes de julio con 18.9°C del 2019 y la más alta en agosto (2011) con 23.1°C. Para los últimos dos meses, las temperaturas nuevamente incrementaron oscilando de 19 a 25.3°C (similares a las presentadas en el mes de marzo).

De acuerdo con la información proporcionada, se encontró que las temperaturas medias máximas mensuales de cada año tenían similitudes entre sí, esto debido a que su comportamiento entre ellas forma dos picos. Se inicia en el mes de enero y tiende a subir hasta abril, nuevamente comienza a bajar a partir de mayo hasta agosto, para que de nuevo vuelvan a incrementar los valores de temperatura hasta noviembre.

Mientras que el valor más alto de T. máx. de cada mes se muestran en la siguiente Tabla 9:

*Tabla 9. Registros más altos de temperaturas máximas por mes (2010-2019)*

Registros Más Altos De Temperaturas Máximas Por Mes (2010-2019)												
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
2010	23	23	24	26	28	28	21	23	22	23	23	26
2011	22	23	27	28	30	25	21	22	23	23	22	23
2012	21	22	25	26	28	28	22	23	25	23	21	22
2013	22	24	24	28	28	26	23	23	21	22	22	23
2014	22	24	28	27	27	22	22	25	24	24	26	23
2015	23	25	26	27	26	27	24	23	23	23	24	23
2016	22	23	25	27	27	22	22	22	22	22	22	22
2017	22	22	22	24	26	26	24	24	22	22	25	25
2018	22	24	28	27	25	22	26	22	24	22	22	22
2019	22	26	27	25	28	28	21	22	23	23	27	26

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del SMN (2022)

Para el caso de este periodo (2010-2019), con los datos más altos registrados de las temperaturas máximas por cada mes, muestran que mayo es el mes donde representan las más temperaturas más altas del año (varían desde los 25 hasta los 30°C), cabe resaltar que en el mes de mayo se alcanzó el punto máximo de los datos en el año 2011 con 30°C. En los meses fríos como noviembre y diciembre se

presentan registros de 21 hasta 27°C similares a los meses de julio y agosto, en donde se esperaría temperaturas máximas más bajas en los meses fríos. Esto puede dar indicio de la posible formación de islas de calor urbanas invernales que registran estas temperaturas.

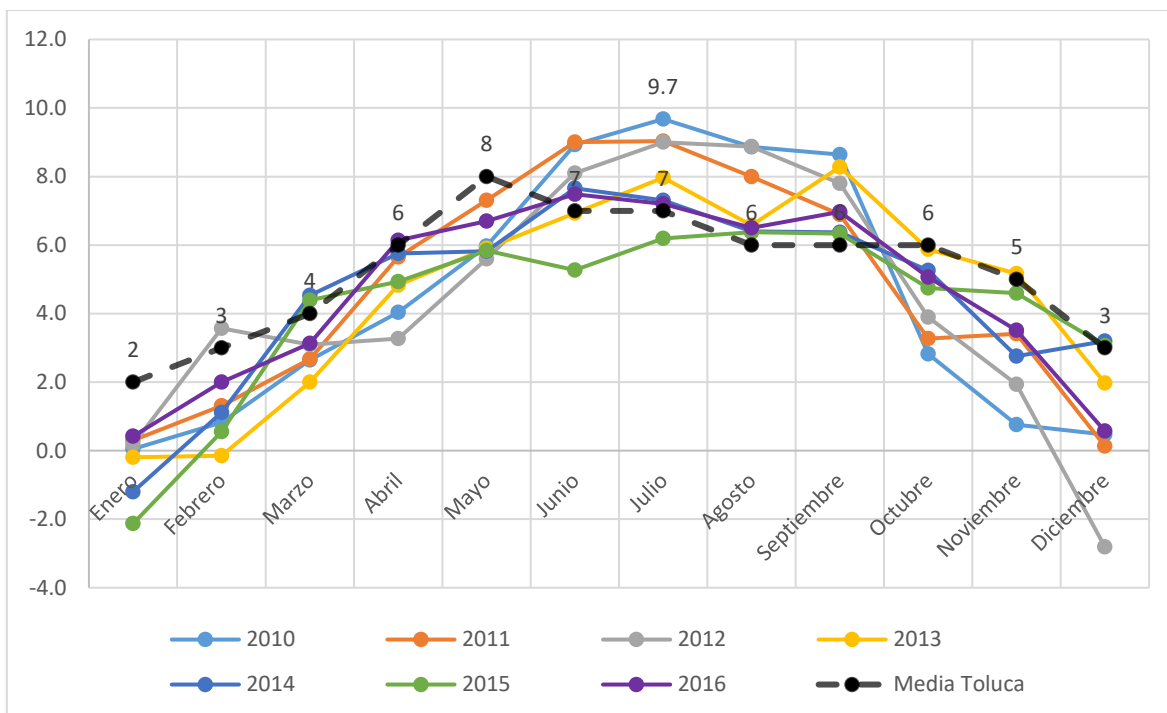
De manera general, las temperaturas máximas mensuales y los datos más altos registrados se mantuvieron en un rango dentro de los límites que menciona Morales (2007), sin embargo, este autor señala que las temperaturas más elevadas se presentan entre abril y mayo, con valores que fluctúan entre 26.0 y 28.0° C, pero la amplitud térmica puede llegar a registrarse en los 30°C, valores que afirman la formación de islas de calor urbanas en la ciudad de Toluca, además de que estas pueden incrementarse como consecuencia del cambio del uso del suelo. Las altas temperaturas dentro de los meses más fríos fueron un factor común dentro de este periodo, cuando las temperaturas elevadas se deberían presentar en los meses calurosos de primavera, esto no ocurrió a excepción del año 2011, 2015 y 2016.

Y con respecto a los datos de la desviación estándar, los valores de la temperatura máxima presentan que existió una variación entre los 0.9 hasta los 4°C, los cuales los meses que mayor rango tenían fueron los meses de enero, febrero, junio y octubre.

### 3.3.2 Temperaturas mínimas en Toluca

Dentro de los valores de la media mínima mensual del periodo de estudio, la línea negra muestra que el rango de valores va desde los 2 hasta los 8°C, donde enero llega a tener una temperatura de 2°C y va incrementando gradualmente hasta alcanzar el punto máximo de los 8°C en el mes de mayo, seguido de eso los valores de junio y julio registran los 7°C, mientras que a partir de agosto se mantiene en los 6°C hasta el mes de octubre, finalmente noviembre registra una temperatura de 5°C y diciembre una mínima de 3°C. Estas temperaturas se mostrarán en la Gráfica 6, al igual que las temperaturas medias mínimas del periodo 2010 al 2016:

Gráfica 6. Temperaturas medias mínimas de la estación Nueva Santa Elena en el 2010 - 2016



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del SMN (2022)

Al inicio del periodo las bajas temperaturas predominaron con valores que fueron desde los -2.1 hasta los 0.4°C en el mes de enero, seguido de ello se incrementaron ligeramente en febrero hasta alcanzar los 3.4°C (esto ocurriendo en el 2012), para el mes de marzo el incremento de las temperaturas medias mínimas empiezan a rebasar la media mensual del periodo con 4.4°C (2015), sin embargo, para el mes de julio las temperaturas mínimas estuvieron casi siempre por encima de su media mensual con valores que fueron hasta los 9°C (a excepción del 2015). Los valores altos dentro de las temperaturas mínimas predominaron en los meses de junio a septiembre, alcanzando el punto máximo en julio del 2014 con 9.7°C y manteniendo ese promedio de temperaturas hasta septiembre con 8.6°C (2010). En cambio, para los meses de octubre, noviembre y diciembre las temperaturas comenzaron nuevamente a descender gradualmente con un rango de -2.8 a 5.9°C.

Mientras que el valor más alto de T. mín. de cada mes se muestran en la Tabla 10:

*Tabla 10. Registros más altos de temperaturas mínimas por mes (2010-2016)*

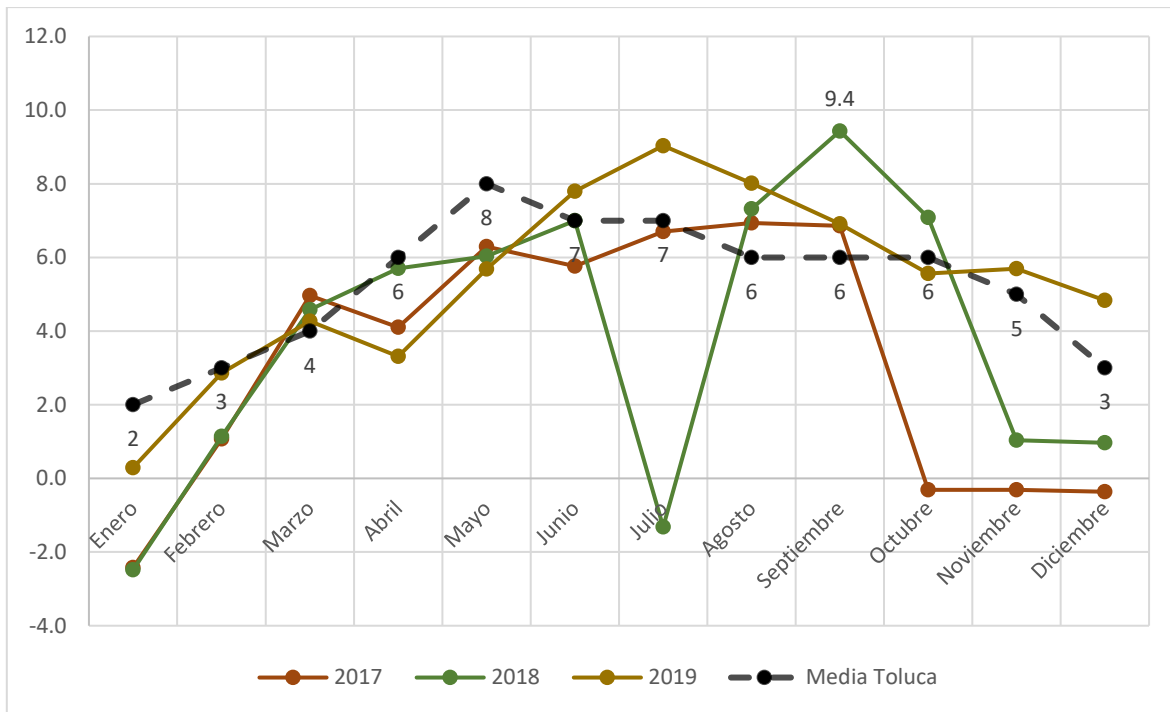
Registros Más Altos De Temperaturas Mínimas Por Mes (2010-2016)												
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
2010	4	6	6	7	10	10	13	11	11	8	5	1
2011	0.9	4	5	8	9	11	11	10	11	10	6	4
2012	3	7	6	8	9	11	11	11	10	9	5	6
2013	5	3	5	7	10	11	11	9	10	8	9	7
2014	6	6	7	8	9	10	8	8	8	9	7	8
2015	4	5	8	6	7	7	7	7	9	7	7	6
2016	5	7	7	8	8	9	9	7	8	7	8	6

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del SMN (2022)

Las temperaturas mínimas más altas que se registraron durante este periodo predominaron en los meses de junio, julio, agosto y septiembre, los cuales tuvieron un promedio de los 9,10 y 11°C, lo cual supera el valor promedio de 8°C que indica INEGI y el SMN (2022). Con respecto a la desviación estándar, los cálculos indicaron que la mayor dispersión ocurrió en octubre del 2011 con un valor de 3.6°C.

En cambio, en los años de 2017, 2018 y 2019, la temperatura media mínima mensual estuvo en un rango de -2.5 a los 9.4°C, mismos valores que se muestran en la Gráfica 7:

Gráfica 7. Temperaturas medias mínimas de la estación Nueva Santa Elena en el 2017 - 2019



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del SMN (2022)

Este periodo registra las temperaturas más bajas en los meses de enero y febrero con un promedio de que va desde los  $-2.5^{\circ}\text{C}$  presentándose en el año 2018, hasta los  $2.9^{\circ}\text{C}$  ocurriendo en el 2019. Mientras que, a partir de los meses de marzo hasta junio la temperatura mínima empieza a ascender, teniendo rangos que van desde los  $3.3$  hasta los  $7.8^{\circ}\text{C}$ , sin embargo, dentro de estos 3 años, los meses de abril y mayo no tienen registros de rebasar la media mínima mensual. Sino que esto ocurre a partir de julio, en donde empiezan a mostrar valores más elevados, llegando a los  $9^{\circ}\text{C}$  (en el 2019). Pero septiembre obtuvo el punto máximo en el 2018 con una temperatura media mínima de  $9.4^{\circ}\text{C}$ , llegando a inferir que durante estos últimos meses se podría llegar a tener islas de calor nocturnas. A partir de octubre a diciembre, las temperaturas nuevamente comienzan a descender, teniendo temperaturas mínimas de  $-0.4$  y  $1^{\circ}\text{C}$  en los años 2017 y 2018. En cambio, 2019 tuvo valores de  $4.8$  a  $5.7^{\circ}\text{C}$ .



Mientras que, en la Tabla 10, los valores registrados dentro de las temperaturas mínimas máximas fueron en un rango entre -1 a los 11.5°C como la temperatura más alta en agosto del 2018:

*Tabla 11. Registros más altos de temperaturas mínimas por mes (2017-2019)*

Registros Más Altos De Temperaturas Mínimas Por Mes (2017-2019)												
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
2017	-1	5	6	6	8	7	9	11	10		-0.1	-0.1
2018	-1	6	7	8	9	6	10	11.5	10	6	6	6
2019	6	6	6	8	9	11	11	10	11	10	7	7

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del SMN (2022)

Al igual es importante resaltar que, en enero del 2019 se tuvo una máxima de 6°C cuando los años de 2017 y 2018 fue -1°C, lo cual fue un incremento de temperatura considerable. Mientras que, los meses de agosto y septiembre las altas temperaturas estuvieron arriba de los 10°C para los 3 años.

### 3.4 ZINACANTEPEC

De acuerdo con el H. Ayuntamiento de Calimaya y los datos del PDM (2019):

“La temperatura promedio anual oscila de entre los 11° y 16° centígrados, se incrementa hasta los 38° C durante los meses de mayo, junio y julio, por otro lado, durante la época invernal en las zonas altas del Xinantecátl la temperatura registra valores de 10° a 4° C, lo que ocasiona que se produzcan heladas y nevadas”.

Para el municipio de Zinacantepec, la información proporcionada por parte del SMN (2022) para el periodo 2010 al 2019 estaba completa. Por lo que el análisis de las temperaturas medias y temperaturas medias máximas y mínimas para esta zona se realizará en las siguientes gráficas y tablas.

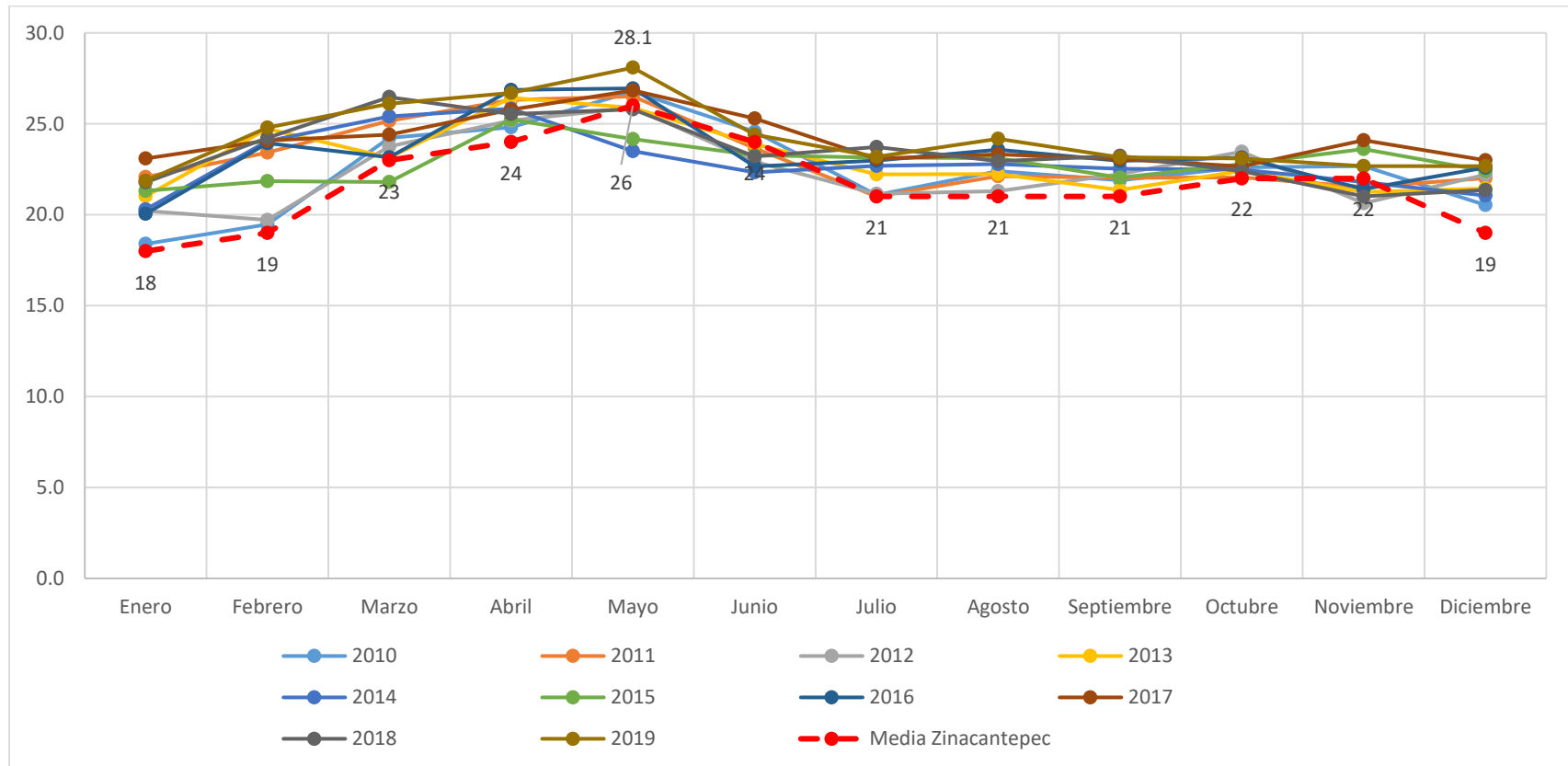
#### 3.4.1 Temperaturas máximas en Zinacantepec

Y de acuerdo con la información de este periodo, se encontró que estos 10 años (2010-2019) tienen similitud entre sí en sus temperaturas medias máximas mensuales, por lo que en la Gráfica 8 se mostraran los resultados de ellas, además de la temperatura media del periodo en cuestión. Al igual que Toluca, este municipio tuvo un comportamiento similar de acuerdo con las elevaciones de temperatura dentro de cada mes y la manera en la que se forma un doble pico a lo largo de este periodo. En las temperaturas medias máximas, estas varían desde los 18.4 hasta los 28.1°C, en donde la temperatura de menor valor ocurrió en enero del 2010, mientras que el más alto se presentó en el mes de mayo del 2019.

La línea roja representa a la media máxima mensual y se observa que las temperaturas oscilan entre un rango de 18 a 26°C, teniendo los valores más altos en el mes de abril y mayo con 24 y 26°C respectivamente. Sin embargo, dentro del mes de enero se tiene una temperatura de 18°C y tiende a aumentar de manera constante desde los meses de febrero a mayo, donde febrero registra unos 19°C y marzo 23°C en promedio. En cambio, a partir de junio la temperatura comienza a descender, con un valor de 24°C, mientras que para julio a septiembre se mantiene en los 21°C, pero nuevamente en los meses de octubre y noviembre registran un

aumento de 1°C en su temperatura media, llegando a 22°C, finalmente diciembre tiene un valor de 19°C.

Gráfica 8. Temperaturas medias máximas de la estación Toluca (OBS) en el 2010 - 2019



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del SMN (2022)

La mayoría de los años superan la temperatura con respecto a la media mensual, en donde la primera parte del periodo, en este caso, los meses de enero a abril, muestran una tendencia de temperaturas elevadas con un rango que va desde

los 18 a 26.5°C (con excepción de marzo del 2015 que tuvo una media máxima de 21.8°C), a partir de mayo las temperaturas empiezan a tener una variación más amplia, en donde el 2014 y 2015 tuvieron rangos de rondando en los 24°C, menores al resto de los otros años, que estuvieron en un promedio de 26 a 28°C. Los meses de junio a octubre se mantuvieron en valores similares entre los 21.0 y 25.3°C, mientras que noviembre y diciembre reportaron temperaturas similares a junio o agosto, con valores de temperatura de 21 a 24°C.

Mientras que el valor más alto de T. máx. de cada mes se muestran en la Tabla 12:

*Tabla 12. Registros más altos de temperaturas máximas por mes (2010-2019)*

Registros Más Altos De Temperaturas Máximas Por Mes (2010-2019)												
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
2010	24.1	24.4	28.6	26.9	<b>30.6</b>	28.6	24.4	25.1	24.1	<b>26</b>	<b>26</b>	23
2011	24.6	<b>26.2</b>	28.4	<b>29.6</b>	<b>29.7</b>	27.3	23.9	24.3	25.2	24.2	24.7	25.1
2012	24.4	24.5	<b>29.5</b>	<b>29.4</b>	<b>30.2</b>	28.4	24.5	25.2	24.9	25.6	22.9	25.2
2013	24.9	27.5	27.7	<b>29.5</b>	<b>29.7</b>	29.1	24.9	24.9	24.3	25.2	24.2	25.1
2014	24.1	25.8	28.8	28.8	27.4	25.8	25.6	25.3	24.2	24.8	25.2	24.9
2015	24.7	<b>26.8</b>	26.8	28.3	27.8	26.4	26.2	25.3	25.3	<b>26.2</b>	<b>27.1</b>	<b>26</b>
2016	24.6	<b>27.5</b>	28.3	29.6	<b>31.4</b>	25.2	25.8	<b>26</b>	<b>25.9</b>	<b>26.2</b>	25.6	25.8
2017	<b>26.7</b>	<b>27.3</b>	27.8	<b>29.8</b>	<b>30</b>	<b>29</b>	26.4	<b>26.9</b>	26.4	25.8	26.8	25.6
2018	25.8	26.7	29	27.8	<b>30.9</b>	28.6	27	25.5	25.4	25.6	25.3	24.8
2019	25.2	<b>29.1</b>	<b>29.6</b>	28.9	<b>30.5</b>	28.1	<b>32.2</b>	<b>26.2</b>	25.7	<b>26</b>	25.2	24.6

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del SMN (2022)

En cambio, las T° Máx. registran que los meses con las temperaturas más altas ocurrieron en febrero, abril, mayo, junio y octubre oscilando entre los 26 hasta los 32.2°C (este último valor ocurriendo en julio del año 2019), cabe destacar que en mayo ocurrió el mayor número de días con registros de temperaturas arriba de los 30°C en casi todos los años del periodo estudiado.

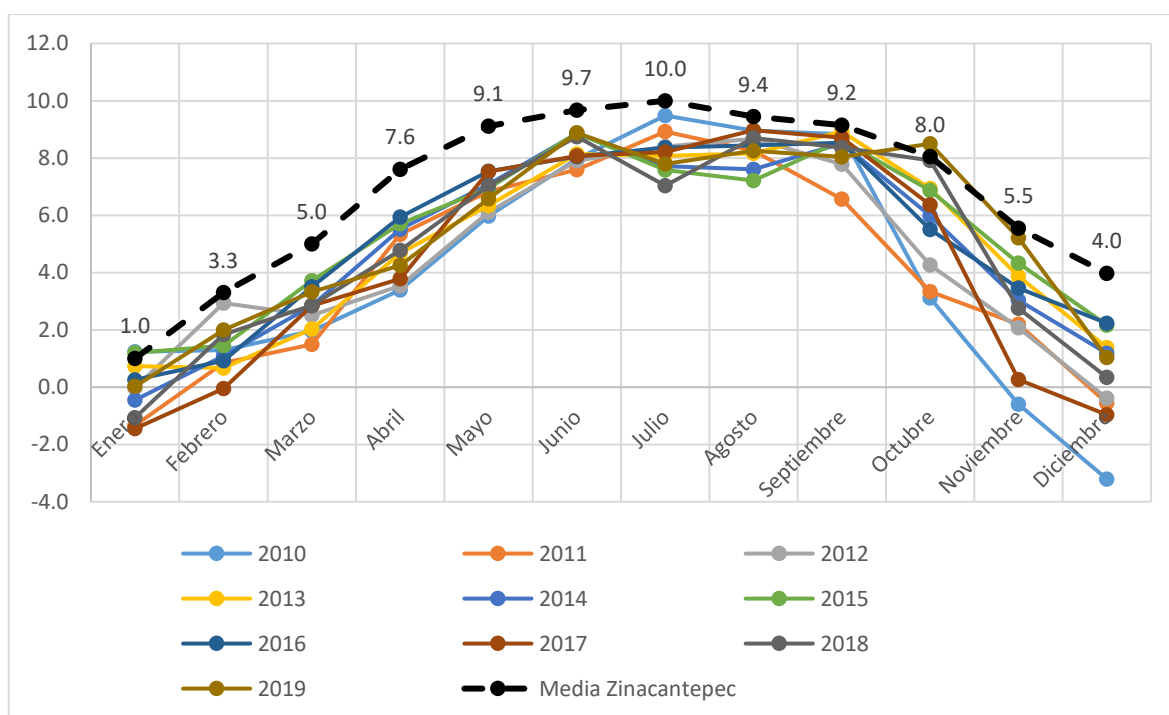
De manera general, las temperaturas se mantuvieron en un rango de 18 a 28°C, sin embargo, la literatura indicaba que las temperaturas máximas podrían haber llegado hasta los 38°C, lo cual en ningún momento los valores fueron tan extremos para este municipio.

Finalmente, la desviación estándar de los datos en este periodo indica que la variación de temperaturas tuvo un rango desde los 0.9°C en febrero del 2014 hasta los 4.0 y 4.7°C en enero y febrero del 2010.

### 3.4.2 Temperaturas mínimas en Zinacantepec

En el caso de los valores de la media mínima mensual, estas serán representadas en la Gráfica 9, al igual que se mostrarán las temperaturas medias mínimas del periodo 2010-2019 debido a la similitud que tienen entre sí, donde la línea negra representa que enero registra la menor temperatura de 1°C y va incrementando gradualmente, donde mayo empieza a registrar las T° min. más elevada con 9.1°C hasta tener el punto más alto de 10°C en el mes de julio. A partir de agosto las temperaturas comienzan a descender y terminan con un valor de 4°C en diciembre.

Gráfica 9. Temperaturas medias mínimas de la estación Toluca (OBS) en el 2010 - 2019



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del SMN (2022)

Dentro de este periodo las temperaturas medias mínimas predominan por debajo de la media mínima, ya que principalmente los meses de marzo a junio las T° mín. estuvieron en un rango de 2 a 8.9°C, para julio se obtuvo un valor de 9.5°C en el 2010 y en agosto del 2018 los 9°C, en septiembre la mayor temperatura fue en 2017 con 8.7°C. Únicamente octubre del 2019 registró una temperatura de 8.5°C, el cual fue el valor máximo del periodo. Pero noviembre y diciembre tuvieron valores de

-0.6 y -3.2°C respectivamente, es decir que la temperatura en estos dos últimos meses descendió notablemente a comparación de los meses anteriores a lo largo de este periodo.

El valor más alto de T. mín. de cada mes se muestran en la Tabla 13:

*Tabla 13. Registros más altos de temperaturas mínimas por mes (2010-2019)*

Registros Más Altos De Temperaturas Mínimas Por Mes (2010-2019)												
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
2010	6	<b>8.2</b>	6	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11.2</b>	<b>11.8</b>	<b>11</b>	<b>11.1</b>	7.8	4.5	4.1
2011	2.4	6.7	4.5	7.7	7.8	<b>11.4</b>	10.3	10.8	10.9	9.9	7	3.8
2012	5.8	<b>7.2</b>	4.8	7.6	7.9	<b>11.5</b>	10.2	10.7	10.4	9	7.6	7.3
2013	<b>7.3</b>	5.5	<b>7</b>	<b>8.9</b>	9.6	10.6	10.3	10.4	<b>11</b>	<b>10.1</b>	<b>10</b>	5.1
2014	5.1	4.9	5.9	<b>9.6</b>	<b>10.6</b>	10.8	10.3	10.4	<b>11</b>	<b>10.8</b>	7.5	<b>7.5</b>
2015	5.3	<b>7</b>	6.6	<b>9</b>	9	12	10	9.8	<b>11.3</b>	<b>10</b>	8	<b>7.3</b>
2016	5.7	6.6	6.5	<b>8.9</b>	<b>10.5</b>	9.9	<b>11.2</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	9.8	8	<b>7.4</b>
2017	1.2	6.1	<b>7.3</b>	<b>9.2</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	10.7	<b>11.2</b>	<b>11.3</b>	<b>11</b>	8	2.6
2018	<b>6.3</b>	<b>7.5</b>	6.1	<b>9.6</b>	<b>10.3</b>	10.6	9.6	10.5	10.8	<b>10.8</b>	8.2	<b>7.6</b>
2019	4	5.4	<b>7.1</b>	7	<b>11</b>	<b>11.7</b>	10.6	<b>11</b>	10.8	<b>11</b>	8.7	5.1

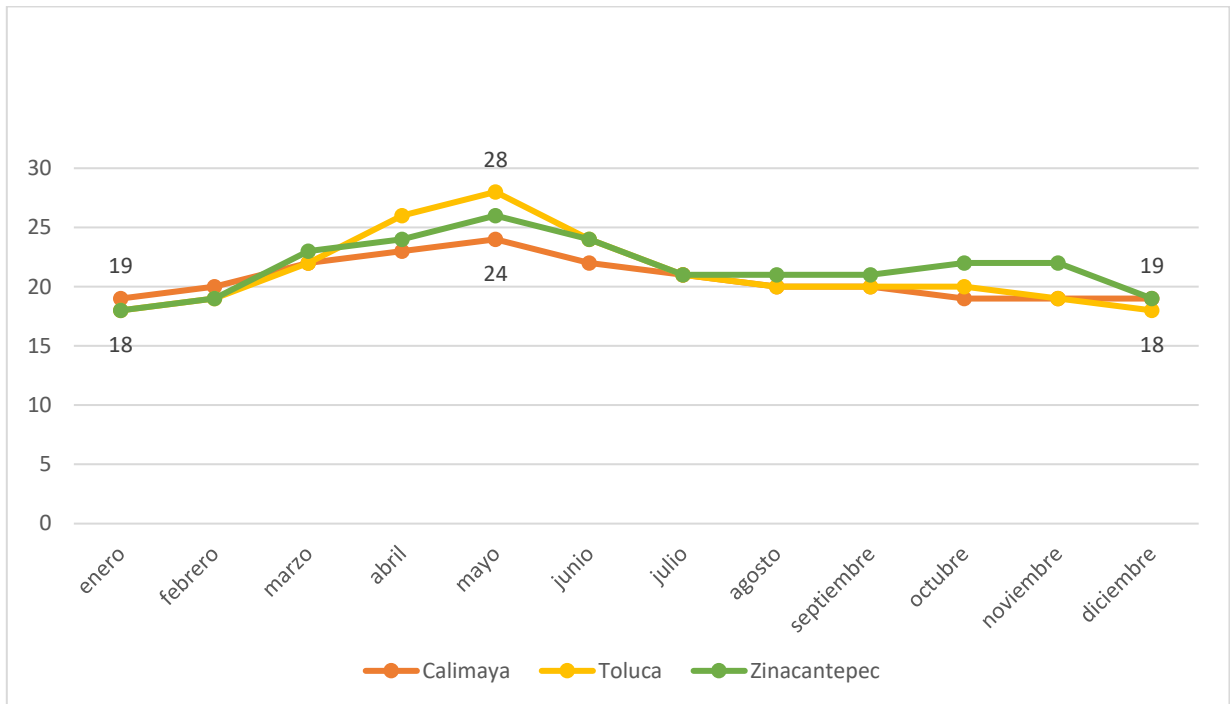
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del SMN (2022)

A lo largo del periodo se identificaron varios valores con respecto a las bajas temperaturas del municipio, que a pesar de que no ocurrieron frecuentemente, estas fueron elevadas a comparación de la media mensual, destacando los meses de abril, mayo, junio, septiembre, octubre y diciembre, teniendo un rango de temperaturas que variaron entre los 7 a los 11.8°C.

Con respecto a los valores de la desviación estándar la mayor dispersión ocurrió en octubre del 2011 con 4.3°C, pero es importante recalcar que de septiembre a diciembre también se obtuvieron valores altos de dispersión entre las temperaturas de cada periodo, en donde los cambios de temperatura que más variaron estuvieron en valores de 1.4 a 3.2°C.

Finalmente, a manera de discusión, la Gráfica 10 mostrará las temperaturas medias máximas de los 3 municipios (Calimaya, Toluca, Zinacantepec) las cuales representarán la diferencia de temperaturas que tienen entre sí, con el objetivo de saber cuál de estos municipios es el que presenta las temperaturas más cálidas del periodo.

Gráfica 10. Media máxima mensual de la zona centro de la ZMVT



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del SMN (2022)

La línea naranja representa al municipio de Calimaya, el presenta altas temperaturas en los meses de enero y febrero con 19 y 20°C respectivamente, mientras que, para el resto del año, los valores se mantienen en menor que los otros municipios mostrados.

En cambio, la línea amarilla muestra que Toluca en este caso presenta el pico más alto de temperatura de los 3 municipios con un valor de 26°C en abril y 28°C para el mes de mayo. además de considerar que es la ciudad con mayor población de los municipios estudiados en esta investigación, con un crecimiento paulatino de habitantes a lo largo de los años y sobre todo la más urbanizada, además de que tiene la mayor carencia de áreas verdes. Estos factores pueden llegar a favorecer tanto a la existencia como el incremento de Islas de Calor Urbanas de este municipio.

Zinacantepec está representada por la línea verde, y por la cercanía que tiene con Toluca, llega a compartir las temperaturas altas sobre todo en los meses de enero a septiembre, sin embargo, de octubre a diciembre las medias se llegan a rebasar

con diferencia de 2 a 3°C, teniendo el mayor incremento de temperatura en el mes de noviembre registrando un valor de 22°C.

Es necesario añadir que, no fue posible hacer un análisis del municipio de Metepec debido a la falta de datos proporcionados por parte del SMN, por lo tanto, la comparación de su media máxima mensual con el resto de los otros municipios estuvo fuera del alcance del estudio de esta investigación.



## CAPÍTULO 4. ANÁLISIS DE LOS INSTRUMENTOS CON INCIDENCIA DE LAS ISLAS DE CALOR URBANAS EN LOS MUNICIPIOS CENTRALES DE LA ZMVT

En este capítulo se aborda un análisis bibliográfico entre los Planes de Desarrollo Municipal, Programas Municipales de Desarrollo Urbano, Planes de Acción Climática, y Planes de Ordenamiento Territorial correspondientes a los municipios de Calimaya, Metepec, Toluca y Zinacantepec, con el objetivo de conocer y contrastar las distintas acciones y estrategias respecto a la mitigación y adaptación de los efectos de las Islas de Calor de cada uno de estos municipios. No sin antes realizar un análisis breve de los instrumentos de política pública a nivel federal y estatal, ya que son la base de que los municipios tomen decisiones prioritarias y además tomen en cuenta ciertas estrategias específicas para cada zona correspondiente.

Para este análisis se tomaron en cuenta los planes y programas tanto vigentes como pasados dentro del periodo estudiado en esta investigación, con el objetivo de analizar el enfoque que las administraciones municipales han estado planteando en las acciones y estrategias respecto a la mitigación y adaptación de las Islas de Calor Urbanas. La importancia que tiene este capítulo, en conjunto del capítulo anterior, radica en el análisis entre el grado de impacto que tiene cada municipio respecto a las Islas de Calor Urbanas y las estrategias de mitigación y adaptación para disminuir el alcance de este fenómeno.

Este capítulo se desglosa en subapartados que estudia cada instrumento y sus estrategias de mitigación y adaptación, mencionando si estas han sido planteadas directa o indirectamente en los ámbitos social, urbano y ambiental hacia las Islas de Calor Urbanas. A continuación, se presentan los instrumentos de planeación disponibles:

### 4.1 Instrumentos de Planeación de México (Federal)

Algunos de los instrumentos de planeación implementados dentro de las administraciones en el periodo 2010 -2019 con relación a la disminución del impacto por Islas de Calor en general en el tema del cambio climático son:

Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales – PROMARNAT (2007 – 2012), Plan Nacional de Desarrollo (2013-2018), Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales – PROMARNAT (2013 – 2018) y la Estrategia Nacional del Cambio Climático (2013). A continuación, se describe cada uno de ellos y se mencionan sus acciones y estrategias relacionadas a las Islas de Calor:

#### 4.1.1 Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales – PROMARNAT (2007 - 2012)

Los Programas Sectoriales son los instrumentos de planeación estratégica donde se establecen prioridades, se proponen proyectos específicos que promuevan y fortalezcan el desarrollo de un país o estado, sin olvidar su contribución a las metas propuestas por Naciones Unidas en su estrategia internacional de los 17 Objetivos para el Desarrollo Sostenible (ODS). Dentro de este documento, se analizaron las estrategias de mitigación y adaptación para reducir el impacto de las Islas de Calor, las cuales son las siguientes (Tabla 14):

*Tabla 14. Estrategias de mitigación y adaptación en el PROMARNAT (2007 - 2012) en México*

<b>OBJETIVO. Coordinar la instrumentación de la Estrategia Nacional de Cambio Climático para avanzar en las medidas de adaptación y de mitigación de emisiones.</b>		
	<b>Mitigación</b>	<b>Adaptación</b>
	<b>Ambientales</b>	
Indirectas	1. Consolidar las medidas para la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI): Desarrollar proyectos de mitigación en la vegetación y uso del suelo a través de Manejo Forestal Sustentable, ampliación de la cobertura de los programas Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos (PSAH) y Pago por Servicios Ambientales por Captura de Carbono, Conservación de la Biodiversidad y Derivados Agroforestales (PSA-CABSA), SUMA, tratamiento fitosanitario, reforestación y restauración forestal.	1. Iniciar proyectos para el desarrollo de capacidades nacionales y locales de adaptación: Promover acciones de reducción de la vulnerabilidad, disminución de riesgos y generación de estrategias de adaptación en los planes de desarrollo regional, estatal y municipal.

Dentro de este programa, las estrategias de mitigación y adaptación encaminadas hacia la problemática del cambio climático se manejaron dentro del mismo objetivo, por un lado, en las estrategias de mitigación se da prioridad a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero por medio del manejo de programas de pago por servicios ambientales y en tema de reforestación y restauración forestal, mientras que en las medidas de adaptación, únicamente menciona la creación de proyectos, planes y programas a nivel regional y local encaminados al cambio climático. Este programa tuvo 2 líneas de acción indirectas dirigidas a la problemática de las ICU.

#### 4.1.2 Plan Nacional de Desarrollo – PND (2013 – 2018)

El Plan Nacional Desarrollo en México es el documento rector del Ejecutivo Federal en el que precisan los objetivos nacionales, estrategias y prioridades del desarrollo integral y sustentable del país. Dentro de este documento, se analizaron las estrategias de adaptación para reducir el impacto de las Islas de Calor, las cuales son las siguientes:

*Tabla 15. Estrategias de adaptación de las Islas de Calor del PND (2013-2018) en México*

Estrategias de adaptación	
Ambientales	
Indirectas	Objetivo: Impulsar y orientar un crecimiento verde incluyente y facilitador que preserve nuestro patrimonio natural al mismo tiempo que genere riqueza, competitividad y empleo.
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Promover el uso y consumo de productos amigables con el medio ambiente y de tecnologías limpias, eficientes y de bajo carbono.</li> <li>2. Impulsar una política que fomente la competitividad, la coordinación y enfrente los efectos del cambio climático protegiendo los bienes y servicios ambientales.</li> </ol>

De acuerdo con la tabla anterior (Tabla 15), en este instrumento de planeación, para las estrategias de adaptación se considera procurar un crecimiento verde incluyente, haciendo énfasis en el uso de energías limpias y viendo por el bienestar de los recursos naturales se mencionó realizar políticas que permitan enfrentar los efectos del cambio climático. Por lo que, contando únicamente con dos estrategias ambientales de adaptación indirectas, durante ese sexenio las prioridades encaminadas al cuidado del medio ambiente fueron escasas.

### 4.1.3 Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales – PROMARNAT (2013 – 2018)

La actualización del PROMARNAT se publicó en el año 2013 y dentro de este documento, se analizaron las estrategias de mitigación y adaptación para reducir el impacto de las Islas de Calor, las cuales son las siguientes:

*Tabla 16. Estrategias de adaptación en el PROMARNAT (2013 - 2018) en México*

<b>Estrategias de adaptación</b>	
Indirectas	<b>Ambientales</b>
	Incrementar la resiliencia a efectos del cambio climático y disminuir las emisiones de compuestos y gases de efecto invernadero. <ol style="list-style-type: none"> <li>Incrementar la resiliencia ecosistémica y disminuir la vulnerabilidad de la población, infraestructura y servicios al cambio climático.</li> <li>Promover la sustentabilidad en el diseño e instrumentación de la planeación urbana.</li> <li>Fortalecer la equidad y desarrollar una cultura en materia de acción climática</li> </ol>

*Tabla 17. Estrategias de mitigación en el PROMARNAT (2013 - 2018) en México*

<b>Estrategias de mitigación</b>	
Indirectas	<b>Ambientales</b>
	Incrementar la resiliencia a efectos del cambio climático y disminuir las emisiones de compuestos y gases de efecto invernadero. <ol style="list-style-type: none"> <li>Consolidar las medidas para la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).</li> </ol>

Dentro de este programa, las estrategias de adaptación (Tabla 16) y mitigación (Tabla 17) fueron dirigidas nuevamente a la problemática del cambio climático de manera muy general. Las 5 estrategias indirectas (dirigidas a la problemática de ICU) encontradas en este documento a pesar de ser precisas, no especifican algunas líneas de acción que justifiquen la manera de lograr la meta a erradicar la problemática. Por un lado, en las estrategias de adaptación menciona que para incrementar la resiliencia a los efectos del cambio climático es necesario tanto promover la sustentabilidad dentro de otros programas de política pública, así como fortalecer una educación ambiental en torno al tema de acción climática. Mientras que, en las estrategias de mitigación solo se encontró una que habla de consolidar medidas encaminadas a las emisiones de gases de efecto invernadero.

#### 4.1.4 Estrategia Nacional del Cambio Climático (2013)

La Estrategia Nacional de Cambio Climático es el instrumento rector de la política nacional en el mediano y largo plazo para enfrentar los efectos del cambio climático y transitar hacia una economía competitiva, sustentable y de bajas emisiones de carbono. Al ser el instrumento rector, éste describe los ejes estratégicos y líneas de acción a seguir con base en la información disponible del entorno presente y futuro. Esto con el objetivo de atender las prioridades nacionales y alcanzar el horizonte deseable para el país en el largo plazo. Dentro de este documento, se analizaron las estrategias de adaptación para reducir el impacto de las Islas de Calor, las cuales son las siguientes:

*Tabla 18. Estrategias de adaptación en la Estrategia Nacional del Cambio Climático (2013)*

Estrategias de adaptación		
	Social	Ambientales
Indirectas	<p>Promover el desarrollo de una cultura climática.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Educar, informar y sensibilizar mediante campañas masivas de comunicación y programas de capacitación para inducir cambios hacia patrones de producción y consumo sustentables.</li> <li>2. Generar proyectos educativos en los niveles básico, medio superior y superior en materia de cambio climático, para la formación de una cultura que se traduzca en valores, conciencia, conocimiento, cambios de comportamiento y actitudes.</li> </ol>	<p>Conservar y usar de forma sustentable los ecosistemas y mantener los servicios ambientales que proveen.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aumentar la superficie bajo reforestación y restauración de ecosistemas con especies nativas, aptas para las condiciones climáticas regionales.</li> <li>2. Establecer y aplicar mecanismos de evaluación sobre el impacto de las medidas de adaptación implementadas a nivel local, como medio para asegurar su efectividad ante el cambio climático.</li> </ol>
	<p>Reducir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia del sector social ante los efectos del cambio climático.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Instrumentar y fortalecer políticas públicas enfocadas a reducir riesgos a la salud asociados a efectos del cambio climático.</li> </ol>	

Tabla 19. Estrategias de mitigación en la Estrategia Nacional del Cambio Climático (2013)

Estrategias de mitigación	
Urbanas	
Indirectas	<p>Transitar a modelos de ciudades sustentables con sistemas de movilidad, gestión integral de residuos y edificaciones de baja huella de carbono.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aumentar el uso controlado y eficiente del territorio al disminuir la expansión urbana y garantizar el acceso a suelo intraurbano, promover edificios de usos mixtos y verticales, privilegiar la densificación antes que la apertura de nuevas reservas en la periferia e incluir la integración de bosques urbanos y definir los límites de crecimiento de las ciudades.</li> </ol>

Como se muestra en las tablas anteriores (Tabla 18 y Tabla 19), la Estrategia Nacional del Cambio Climático (2013) apuesta a estrategias de mitigación y adaptación en los sectores urbanos, ambientales y sociales con el fin de disminuir el impacto de la problemática del cambio climático de diferentes maneras, así como sus efectos adversos, entre las estrategias de adaptación se encuentran el promover la educación y cultura sustentable con el fin de que existan una concientización ambiental en todos los ciudadanos, además de realizar reforestaciones y restauración de ecosistemas con especies aptas para cada zona. Por el lado de las estrategias de mitigación, primordialmente menciona la creación y planificación de ciudades más sustentables utilizando el concepto de edificios mixtos y verticales con el fin de preservar áreas verdes de cada región.

Como tal, dentro de las estrategias a nivel nacional entorno al cuidado del medio ambiente, preservación de áreas verdes e implementación de infraestructura verde, fue muy escasa, además de ser únicamente indirectas, en la cual no se reconoce el término ICU, solamente se menciona la problemática del Cambio Climático. Esto debido a que en sus documentos se centran y dan prioridad a temas más sociales y urbanos. Es por ello por lo que, es necesario que se retomen las estrategias ya creadas para futuras actualizaciones en los documentos de política pública y se mejoren en torno a estos problemas.

#### 4.2 Instrumentos de Planeación del Estado de México

Dentro de las diferentes administraciones dentro del periodo de esta investigación 2010 – 2019, únicamente se encontraron disponibles 3 instrumentos de política pública en las cuales incluían objetivos y estrategias ambientales. Las cuales fueron:

Plan Estatal de Desarrollo (2012 – 2017), Estrategia Estatal contra el Cambio Climático (2016) y el Plan Estatal de Desarrollo (2017 – 2023). A continuación, se describe cada uno de ellos, mencionando las estrategias de adaptación y mitigación relacionadas a la problemática de Islas de Calor:

**4.2.1 Plan de Desarrollo del Estado de México – PDEM (2012 – 2017)**

Es la herramienta que dota de orden a la acción pública del gobierno, en el corto, mediano y largo plazos; en su estructura se mantiene una relación estratégica entre la ciudadanía y gobierno que permiten estructurar alternativas de actuación socialmente compartidas. Además, define con precisión objetivos, estrategias y metas generales y particulares que son fundamentales para la estructuración programática y la asignación presupuestal. Dentro de este, se analizaron las estrategias de mitigación y adaptación para reducir el impacto de las Islas de Calor, las cuales son las siguientes:

*Tabla 20. Estrategias de adaptación en el Plan de Desarrollo del Estado de México (2012 - 2017)*

<b>Estrategias de adaptación</b>	
<b>Ambientales</b>	
<b>Indirectas</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Objetivo. Alcanzar un desarrollo sustentable: En el cual se incluya El fortalecer el control de emisiones; promover una cultura ambiental; y, coordinar y fomentar la protección, conservación y restauración de zonas ecológicas ambientales.</li> </ol>

De acuerdo con las tabla anterior (Tabla 20), en este instrumento de planeación, únicamente se encontró una propuesta ambiental en todo el documento, en la cual menciona como prioridad alcanzar un desarrollo sustentable, de modo que se fomente principalmente la educación ambiental en la población y la restauración de zonas ecológicas. Esta estrategia se toma de manera indirecta dirigida a las ICU, además de no describir ninguna línea de acción que permita conocer la manera en la que se implementarán la medidas propuestas.

**4.2.2 Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático – PEACC (2013)**

El PEACC es un instrumento de apoyo para el diseño de políticas públicas sustentables y acciones relacionadas en materia de cambio climático, en el orden

de gobierno estatal y municipal, además de ser un elemento importante para la política de cambio climático en México. A continuación, en la Tabla 21 y Tabla 22 se muestran las estrategias de mitigación y adaptación respecto a los efectos de las Islas de Calor:

*Tabla 21. Estrategias de mitigación en el Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático (2013)*

Estrategias de mitigación		
	Urbanas	Ambientales
Indirectas	1. Eficiencia energética en el subsector transporte: Desarrollar un programa estatal de uso masivo de la bicicleta en las principales ciudades de la entidad.	1. Reducir la emisión de GEI en el sector forestal por medio de acciones que garanticen su conservación y manejo sustentable.

*Tabla 22. Estrategias de adaptación en el Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático (2013)*

Estrategias de adaptación			
	Urbanas	Ambientales	Sociales
Directas		1. Impulsar el uso de techos verdes para reducir los contaminantes atmosféricos e islas de calor.	
Indirectas	1. Planificar los asentamientos urbanos y rurales, a través del ordenamiento del territorio y de otros instrumentos de planeación territorial. 2. Planificar el crecimiento de las zonas metropolitanas con criterios de adaptación al cambio climático.	1. Revertir la degradación de Áreas Naturales Protegidas mediante la generación de programas como el manejo integral del fuego y el cumplimiento de la reglamentación vigente. 2. Implementar cinturones verdes en las ciudades que aumenten la infiltración y retengan el suelo, además de obtener beneficios colaterales como mejora de la calidad del aire, belleza paisajística.	1. Desarrollar los mecanismos y acciones para contar con más información de calidad y cobertura geográfica sobre la calidad del aire con el fin monitorear y controlar la presencia de los contaminantes y disminuir sus efectos en la salud humana y la calidad de vida.



Como se muestra en las tablas anteriores, en este instrumento tan solo se consideraron estrategias de mitigación del impacto de las Islas de Calor de forma indirecta, mencionando que se planea desarrollar un programa estatal en torno a la eficiencia energética, así como reducir las emisiones GEI con el fin de conservar y tener un manejo sustentable en el sector forestal.

En cambio, dentro de las estrategias de adaptación, si se consideraron acciones de manera directa hacia el fenómeno de las ICU, mencionando que se impulsará el uso de techos verdes para reducir los contaminantes atmosféricos e islas de calor, además, como complemento a esto, se propuso tener una mejor planificación urbana, crear programas de manejo, implementar cinturones verdes en la ciudad y monitorear los contaminantes para desarrollar acciones pertinentes que favorezcan a los habitantes de las ciudades.

#### 4.2.3 Estrategia Estatal contra el Cambio Climático (2016)

Este es un instrumento técnico, político y académico que traza una ruta de largo plazo para mejorar la salud y la calidad de vida de la población, además de permitirle a los tomadores de decisiones guiar las acciones para combatir este fenómeno en las próximas décadas; asimismo define, analiza y propone ejes de acción para enfrentar la vulnerabilidad al cambio climático, su mitigación y construcción de mecanismos de adaptación. Es necesario recalcar que este documento estatal menciona que las estrategias propuestas fueron con base a la Estrategia Nacional del Cambio Climático del año 2013. Y dentro de este, se analizaron las estrategias de mitigación y adaptación para reducir el impacto de las Islas de Calor, las cuales se encontraron las siguientes (Tabla 23 y Tabla 24):

*Tabla 23. Estrategias de mitigación en la Estrategia Estatal contra el Cambio Climático (2016)*

<b>Estrategias de mitigación</b>	
<b>Ambientales</b>	
Indirectas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ampliar el programa de Pago por Servicios Ambientales como alternativa para conservar los recursos naturales disponibles en el Estado de México.</li> <li>2. Disminuir el consumo energético en los hogares, con la consecuente reducción de emisiones de GEI.</li> </ol>

Tabla 24. Estrategias de adaptación en la Estrategia Estatal contra el Cambio Climático (2016)

Estrategias de adaptación		
	Urbanas	Ambientales
Indirectas	<ol style="list-style-type: none"> <li>3. Reducir la vulnerabilidad de la población, los ecosistemas y la infraestructura frente a los efectos adversos del cambio climático.</li> <li>4. Planificar el crecimiento de las ciudades con criterios de adaptación al cambio climático.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Minimizar los riesgos y daños considerando los escenarios actuales y futuros de cambio climático.</li> <li>2. Diseñar una red de corredores para aumentar la conectividad ecológica en ecosistemas forestales.</li> </ol>

En este documento por ser encaminado a desarrollar objetivos para erradicar los efectos del cambio climático, le pusieron más prioridad al cuidado del suelo y agua, así como a los sectores de energía, agrícolas, ganaderas y residuos sólidos, mientras que las ANP's, movilidad sustentable, áreas e infraestructura verdes (techos y muros verdes) quedaron en segundo plano, por lo que en la tabla 20, hablando de estrategias de mitigación mencionan el disminuir el consumo de energía con el fin de reducir las emisiones GEI, además de incluir el Pago por Servicios Ambientales. Por otro lado, dentro de las estrategias de adaptación se habla de planificar el crecimiento de las ciudades a modo de que se reduzcan los efectos de cambio climático, así como crear corredores para aumentar la conectividad ecológica.

#### 4.2.4 Plan de Desarrollo del Estado de México – PDEM (2017 – 2023)

El PDEM (2017-2023) es un instrumento prospectivo con una visión hacia 2030. En él se concentran las bases para la elaboración de los programas sectoriales, especiales y regionales que delinearán de manera más puntual y detallada los pasos para el cumplimiento de los objetivos establecidos. A continuación, se describe cada una de las estrategias relacionadas a las Islas de Calor que se encontraron en el documento:

Tabla 25. Estrategias de adaptación en el Plan de Desarrollo del Estado de México – PDEM (2017 – 2023)

Estrategias de adaptación	
Urbana	
Indirectas	1. Promover un crecimiento urbano compacto que proteja el medio ambiente y articule a las ciudades con su entorno rural y natural: Disminuir el impacto ambiental y climático por el funcionamiento de las ciudades.

Tabla 26. Estrategias de mitigación en el Plan de Desarrollo del Estado de México – PDEM (2017 – 2023)

Estrategias de mitigación		
	Social	Ambientales
Indirectas	1. Vincular y gestionar los instrumentos de planificación para minimizar los efectos del cambio climático.	1. Adoptar medidas para combatir el cambio climático y mitigar sus efectos: Mejorar la educación ambiental e impulsar la adopción de medidas de mitigación y adaptación al cambio climático en los municipios. 2. Promover la gestión sostenible de los bosques y reducir la deforestación.

A pesar de abordar temas en torno a la sustentabilidad y cuidado del medio ambiente en este documento de política pública solo se encontraron 4 estrategias enfocadas a la adaptación y mitigación del cambio climático, dejando de lado la problemática de las ICU. Mencionando, por un lado, en la Tabla 25, dentro de las estrategias de adaptación, el aumentar la resiliencia en las ciudades, creando un crecimiento urbano compacto con el fin de proteger el medio ambiente. Mientras que en las estrategias de mitigación (Tabla 26) señala que se gestionaran instrumentos encaminados a minimizar los efectos del cambio climático y adoptar las medidas correctas para su mitigación.

En general, las estrategias estatales a pesar de no tener alguna vinculación una con otra entre los documentos de las mismas administraciones ni con las actualizaciones, la mayoría de sus acciones son consideradas como indirectas hacia las ICU, a excepción de PEACC (2013). Además de ser muy puntuales que tocan temas relacionados a la educación ambiental, la resiliencia, reforestación y cuidado del medio ambiente, aire y reducción de emisiones GEI, los cuales son

puntos importantes para la mitigación y adaptación en torno al cambio climático en general.

### 4.3 Instrumentos de Planeación del municipio de Calimaya

Algunos de los instrumentos de planeación implementados en Calimaya con relación a la disminución del impacto por Islas de Calor son: Plan de Desarrollo Municipal de Calimaya – PMD (2019-2021) y el Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Calimaya – PMDU (2016-2018). Esto debido a que no se encontraron algunos otros que implementen acciones en favor del medio ambiente y a la mitigación del cambio climático, específicamente en la atmosfera. A continuación, se describe cada uno de ellos y se mencionan sus acciones y estrategias relacionadas a las Islas de Calor:

#### 4.3.1 Plan de Desarrollo Municipal de Calimaya – PMD (2019-2021)

El Plan de Desarrollo Municipal de Calimaya – PMD (2019-2021) es el instrumento rector que dará orientación a las acciones y estrategias del gobierno municipal de Calimaya, dentro de este, se analizaron las estrategias de mitigación y adaptación para reducir el impacto de las Islas de Calor, las cuales son las siguientes:

*Tabla 27. Estrategias de mitigación de las Islas de Calor del PMD (2019-2021) del municipio de Calimaya*

Estrategias de mitigación		
	Urbanas	Ambientales
Indirectas	<ol style="list-style-type: none"> <li>2. Procurar la protección y regeneración integral de los ecosistemas del municipio y procurar por el estricto cumplimiento de las disposiciones legales en materia ambiental.</li> <li>3. Incrementar la infraestructura que propicie una movilidad sustentable.</li> <li>4. Plantación de árboles adecuados para zonas rurales y urbanas</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Contribuir a la mejora de la calidad del aire.</li> </ol>

Tabla 28. Estrategias de mitigación de las Islas de Calor del PMD (2019-2021) del municipio de Calimaya

Estrategias de adaptación		
	Urbanas	Ambientales
Indirectas	5. Movilidad y transporte para la población; Modernización del transporte para la población.	1. Implementación de energías renovables.

De acuerdo con las tablas anteriores (Tabla 27 y Tabla 28), en este instrumento de planeación, para las estrategias de mitigación se considera procurar la regeneración natural de los ecosistemas del municipio, así como cumplir con la legislación correspondiente en materia ambiental; además, se planea incrementar la infraestructura que propicie la movilidad sustentable; por último, se plantarán árboles adecuados para las zonas rurales y urbanas.

Por otra parte, las estrategias de adaptación van dirigidas al sector urbano y ambiental, en estas se contemplan la implementación de nuevas energías renovables, así como la modernización de los medios de transporte para la población.

#### 4.3.2 Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Calimaya – PMDU (2016-2018)

El Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Calimaya (2016-2018) tiene como objetivo consolidar al municipio a través de la delimitación de las áreas urbanas y proponer una estructura y normatividad en usos y destinos que permitan el ordenamiento territorial, garantizando un bienestar social, un entorno sustentable y resiliente. A continuación, en la Tabla 29 y Tabla 30 se muestran las estrategias de mitigación y adaptación respecto a los efectos de las Islas de Calor:

Tabla 29. Estrategias de mitigación de las Islas de Calor del PMDU (2016-2018) del municipio de Calimaya

Estrategias de mitigación		
	Urbanas	Ambientales
Indirectas	1. Impulsar que se retomen las acciones para el reforzamiento del programa para mejorar la calidad del aire de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca.	1. Gestionar apoyos económicos y/o en especie para el desarrollo de proyectos ecológicos y sustentables.

Tabla 30. Estrategias de adaptación de las Islas de Calor del PMDU (2016-2018) del municipio de Calimaya

Estrategias de adaptación		
	Urbanas	Ambientales
Indirectas	1. Constituir una red de parques juveniles y familiares.	1. Coordinar acciones con las dependencias estatales y federales para la preservación del Área de Protección de Flora y Fauna del Nevado de Toluca e implementar las acciones que establezca su plan de manejo.

Como se observa en las tablas anteriores, entre las estrategias de mitigación, el municipio impulsará los programas de mejora de la calidad de aire de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca, además, una de estas es gestionar apoyos económicos para el desarrollo de proyectos ecológicos.

Por otro lado, en las estrategias de adaptación respecto a las Islas de Calor, de manera indirecta, establece el municipio construir una red de parques recreativos y aplicar las acciones de preservación establecidas en el Plan de Manejo de la Área de Protección de Flora y Fauna del Nevado de Toluca.

Para el municipio de Calimaya se analizó el Plan de Desarrollo Municipal (2019-2021) y Plan Municipal de Desarrollo Urbano (2016-2018) como los únicos instrumentos publicados con relación a la planeación de cada administración municipal.

En los instrumentos de planeación mencionados anteriormente, se identificaron que las estrategias para atender las Islas de Calor Urbanas son indirectas. En otras palabras, el municipio no tiene como prioridad específica atender el fenómeno, sino que, de manera más general, prioriza las acciones a la mitigación del cambio climático. Es por ello por lo que implementa acciones como la movilidad sustentable, plantaciones de especies de árboles adecuadas para zonas urbanas y rurales, y la mejora de la calidad del aire.

Para el año 2016, en el Plan Municipal de Desarrollo Urbano, seguía sin implementar estrategias directas para la mitigación de las Islas de Calor Urbanas, sin embargo, un punto a favor fue la prioridad de mejorar la calidad del aire en la ZMVT, además,

gestionar apoyos gubernamentales para la implementación de parques y proyectos ecológicos. Por último, en este instrumento también se atendió la preservación del Área de Protección de Flora y Fauna del Nevado de Toluca.

Después, para el año 2019, se publicó el Plan de Desarrollo Municipal (2019-2021), en donde se menciona una estrategia indirecta a las Islas de Calor Urbanas que impactaría positivamente en la disminución de las variaciones de temperatura, el cual era la implementación de energías renovables.

El municipio de Calimaya ha implementado diversas estrategias en beneficio del medio ambiente, sin embargo, sería importante identificar la problemática que conlleva los efectos de las Islas de Calor Urbanas, y de la misma manera, atender este problema en los siguientes planes, proyectos e instrumentos municipales con las estrategias planteadas por los instrumentos anteriores, e innovándolas para ser aplicadas en un futuro. Dado que el aumento de temperatura se ha elevado, hasta los 8.7°C con respecto a las temperaturas mínimas, mientras que en los meses más calurosos se registraron valores de hasta de 24.5°C.

#### 4.4 Instrumentos de planeación del municipio de Metepec

Algunos de los programas y planes implementados en Metepec en relación con la disminución del impacto por Islas de Calor son: Plan de Desarrollo Municipal de Metepec – PDM (2019-2021), Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Metepec - PMDU (2016-2018), Plan de Acción Climática Municipal de Metepec – PACMUN (2017) y el Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Metepec – PMDU (2018). A continuación, se describe cada uno de ellos y se mencionan sus acciones y estrategias relacionadas a las Islas de Calor.

##### 4.4.1 Plan de Desarrollo Municipal de Metepec – PDM (2019-2021)

El Plan de Desarrollo Municipal de Metepec – PDM (2019 – 2021) es un documento que integra las estrategias, acciones y políticas del Ayuntamiento del municipio las cuales llevarán a cabo durante la administración, reforzando el enlace entre el pueblo y gobierno a fin de dar respuesta a las problemáticas. De este se deriva un diagnóstico actual donde se identifican las necesidades prioritarias de la

población, además comprende mecanismos de evaluación para medir el desarrollo del desempeño. A continuación, en la Tabla 31, se presentan las acciones y estrategias identificadas para disminuir el impacto de las Islas de Calor en Metepec:

*Tabla 31. Estrategias de mitigación de las Islas de Calor del PDM (2019-2021) del municipio de Metepec*

<b>Estrategias de mitigación</b>		
	<b>Ambientales</b>	<b>Sociales</b>
Directa	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Protección al Medio Ambiente y Recursos Naturales. Estrategia: construcción de "azoteas y muros verdes" con el fin de reducir el efecto isla de calor.</li> <li>2. Plantación de Árboles Adecuados para Zonas Rurales y Urbanas (mitigando a mediano y largo plazo, los efectos del cambio climático y las emisiones de gases de efecto invernadero)</li> </ol>	N/A
Indirectas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Plantar un mínimo de 54, 678 árboles y gestionar insumos para labores de reforestación con las autoridades de otros órdenes de gobierno.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Inspecciones de arbolado en espacios públicos y privados.</li> <li>2. Atención de las demandas ciudadanas referentes a contaminación ambiental.</li> <li>3. Realizar campañas de reforestación y difundir información de educación ambiental en las instituciones educativas mediante pláticas y talleres.</li> </ol>

Como se muestra en la tabla anterior, en este instrumento tan solo se consideraron estrategias de mitigación del impacto de las Islas de Calor en el municipio, de forma indirecta se plantarán más de 50 mil árboles y así como talleres de reforestación gestionando apoyos gubernamentales. Además, se inspeccionará las condiciones del arbolado actual en espacios públicos y privados, y se implementarán campañas de educación y concientización ambiental.

Atendiendo directamente en la mitigación de las Islas de Calor en el municipio, se plantarán árboles en las zonas urbanas y se implementarán azoteas y muros verdes con el fin de reducir las altas temperaturas.



#### 4.4.2 Modificación del Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Metepec - PMDU (2016-2018)

La modificación del Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Metepec (2016-2018) se define por ser un instrumento normativo de planeación urbana que permite la introducción de normas y factores del desarrollo. La actualización de este instrumento es el resultado del trabajo de la secretaria de Desarrollo Urbano y Metropolitano del Gobierno del Estado de México y el Ayuntamiento de Metepec, con la finalidad de garantizar la existencia de mecanismos de planeación y la definición de estrategias operativas.

Por otra parte, el documento tiene entre sus objetivos el incorporar las actividades que el programa de la ONU Agenda 2030, por ende, Metepec buscará incorporar cada objetivo llevando acciones que permitan alcanzar dichas metas. A continuación, en la Tabla 32 y Tabla 33 se presentan las acciones y estrategias identificadas para disminuir el impacto de las Islas de Calor en Metepec:

*Tabla 32. Estrategias de mitigación de las Islas de Calor del PDMU (2016-2018) del municipio de Metepec*

Estrategias de mitigación		
	Urbanas	Ambientales
Indirectas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Elaboración del plan de manejo del Parque Municipal de Recreación Popular el Calvario, a fin de realizar acciones encaminadas a preservar y proteger el patrimonio histórico, cultural y biológico del área</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Contribuir a la disminución de los efectos del cambio climático, a través de la elaboración y puesta en marcha de políticas públicas orientadas que promuevan el bienestar de la sociedad del municipio de Metepec.</li> <li>2. Elaboración del Plan de Acción Climática Municipal y el Plan Integral de Movilidad Sustentable.</li> <li>3. Promover el uso de bicicletas y transporte amigable con el medio ambiente.</li> </ol>

Tabla 33. Estrategias de adaptación de las Islas de Calor del PDMU (2016-2018) del municipio de Metepec

Estrategias de adaptación		
	Urbanas	Sociales
Indirectas	<p>1. Lo ideal para lograr la imagen urbana de una ciudad es la correlación de los elementos naturales y contruidos que constituyen una parte de la percepción, lograr una relación lógica y sensible de lo artificial con lo natural, para que el conjunto sea agradable y armonioso, por lo tanto se deben orientar acciones para la organización de la ciudad y el mejoramiento de la imagen, ya que éstos son elementos esenciales para el bienestar de la población, por lo tanto se debe apoyar al cuidado de la imagen a través de los hábitos, es decir, cuidando y conservando limpios los espacios.</p>	<p>1. Talleres lúdicos de educación ambiental: Fomentar en los niveles educativos básicos (preescolares, primarios y secundarios) la cultura de protección y cuidado del ambiente</p>

De acuerdo con la información de las tablas anteriores, con respecto a las estrategias de mitigación para las Islas de Calor en el municipio se considera elaborar un plan de manejo del Parque Municipal de Recreación Popular el Calvario con el fin de incorporar acciones que beneficien a la mejora de la imagen urbana y del medio ambiente de este. Por otra parte, específicamente en el sector ambiental, se promoverán políticas públicas para contribuir en la disminución de los impactos del cambio climático y mejorar las condiciones de vida de la población; además, se elaborará el Plan de Acción Climática Municipal y el Plan Integral de Movilidad Sustentable con el fin de implementar acciones que mantengan el equilibrio ecológico así como las variaciones de temperatura por el cambio climático fomentando el uso de vehículos amigables con el medio ambiente.

Respecto a las estrategias de adaptación, el municipio de Metepec establece que uno de sus objetivos en este instrumento es lograr una relación lógica y sensible de lo artificial con lo natural, para que el conjunto sea agradable y armonioso, orientando acciones para la organización de la ciudad y el mejoramiento de la

imagen. Además, se impartirán talleres de educación ambiental a los distintos niveles de educación, con el fin de fomentar la protección del medio ambiente.

#### 4.4.3 Plan de Acción Climática Municipal de Metepec – PACMUN (2017)

El Plan de Acción Climática Municipal de Metepec (2017) establece los planes de adaptación para el cambio climático, así como la reducción del carbono negro, todo esto con el fin de mantener el calentamiento global por debajo de los dos grados centígrados, cumpliendo con los compromisos acordados por México en la COP21 de París del 2015.

Así entonces, los beneficios que tiene este Plan repercutirán tanto en la calidad de vida de la población del municipio, así como ser parte de la disminución de los efectos del cambio climático a nivel global, nacional y local derivado de las actividades humanas. En la Tabla 34 y Tabla 35, se presentan las acciones y estrategias identificadas para disminuir el impacto de las Islas de Calor en Metepec

*Tabla 34. Estrategias de mitigación de las Islas de Calor del PACMUN (2017) del municipio de Metepec*

Estrategias de mitigación	
Urbanas	
Indirectas	1. Cambios en la estructura de la movilidad, más transporte público, menos individual. Con una meta de reducción del 30% del total de las emisiones correspondientes.
	2. Incentivar la promoción de vehículos eléctricos, uso de biocombustibles y nuevas tecnologías, como el uso de combustibles y celdas de combustible. Con una meta de reducción del 30% del total de las emisiones.

*Tabla 35. Estrategias de adaptación de las Islas de Calor del PACMUN (2017) del municipio de Metepec*

Estrategias de adaptación		
	Urbanas	Ambientales
Directas	1. Implementación de azoteas y muros verdes: Gestión y establecimiento del programa de azoteas y muros verdes en espacios públicos, escuelas y área habitacionales del municipio de Metepec para la reducción de las islas de calor, efectos del Cambio Climático y equilibrio térmico de la ciudad.	2. Forestación. Reforestación y Creación De Áreas y Cinturones Verdes: Con la Creación de más áreas verdes dentro del municipio y su Reducción de las islas de calor

Indirectas	N/A	1. Emisiones de GEI y calentamiento global: Reducción de los efectos del Cambio Climático.
------------	-----	---

Como se muestra en las tablas anteriores para las estrategias de mitigación, de forma indirecta, se establecerán cambios en la movilidad, fomentando la reducción de transporte individual. En otras palabras, incentivar el uso de transporte público a fin de disminuir los automóviles particulares, con una meta de reducción del 30% del total de las emisiones correspondientes; Además, se incentivará la promoción de vehículos eléctricos, uso de biocombustible, complementando la reducción de las emisiones.

Por otra parte, en las estrategias de adaptación, de forma indirecta buscará reducir los gases de efecto invernadero, así como los que propician las Islas de Calor. Por otra parte, de forma directa a la disminución de las altas temperaturas registradas en el municipio, se establecerá el programa de azoteas y muros verdes en espacios públicos, escuelas y área habitacionales del municipio de Metepec, además de la implementación de áreas y cinturones verdes dentro de las áreas urbanas.

Para el municipio de Metepec, se analizaron las políticas desde el año 2016, en la modificación del Plan Municipal de Desarrollo Urbano, en donde se establecieron estrategias indirectas para la mitigación de las Islas de Calor Urbanas, en otras palabras, el municipio elaboró estrategias respecto al Parque Municipal de Recreación Popular el Calvario, en donde se realizaría su respectivo plan de manejo, permitiendo diagnosticar la dinámica que existe entre la población y la naturaleza, asimismo, se establecerían las acciones correspondientes para mantener en buenas condiciones las instalaciones y los recursos del parque.

Por otro lado, en este mismo instrumento de planeación, se planteó realizar como estrategias el Plan Integral de Movilidad Sustentable (PIMUS) y Plan de Acción Climática Municipal (PACMUN) con el objetivo de promover el uso de vehículos

amigables con el medio ambiente y establecer estrategias que disminuyan los efectos del cambio climático.

Complementando el párrafo anterior, fue hasta el 2017 en donde se elaboró el Plan de Acción Climática Municipal de Metepec, en donde se pudo identificar que se retomaron puntos directos a fin de mitigar las Islas de Calor Urbanas dentro del municipio. Como ejemplo, se estableció que una de sus estrategias sería implementar azoteas verdes en escuelas y en áreas habitacionales; además, se crearían áreas y cinturones verdes para reducir los impactos de las Islas de Calor y sus variaciones de temperatura.

Por ello, un gran logro respecto a la mitigación de Islas de Calor Urbanas en el municipio, fue la elaboración del PACMUN debido a que se identificó el impacto negativo que sufre la población. Aunado a esto, se retomaron parte de sus estrategias en el Plan de Desarrollo Municipal del año 2019, en donde las azoteas verdes y la plantación de especies de árboles adecuadas para las zonas urbanas y rurales serían las estrategias directas para la mitigación de las Islas de Calor.

Con lo que respecta de la prioridad que tiene el municipio para atender las Islas de Calor Urbanas, se ha identificado que Metepec implementa en sus instrumentos de planeación estrategias adecuadas para la mitigación de este fenómeno.

Por otro lado, es necesario mencionar que Metepec es el único de los 4 municipios de los cuales cuenta con políticas directas y específicas para atender las islas de calor urbanas, sin embargo, los datos sobre la temperatura de los últimos años no evidencian la posible existencia de ellas, debido a la falta de una estación meteorológica activa que facilite el monitoreo de la temperatura máxima y mínima diaria de la zona.

#### 4.5 Instrumentos de planeación del municipio de Toluca.

De acuerdo a la búsqueda de los instrumentos de planeación de Toluca, este municipio es el que cuenta con mayor cantidad de información pública y, con más programas en favor del medio ambiente y a la mitigación de las Islas de Calor Urbanas, entre estos están: Plan de Desarrollo Municipal de Toluca – PDM (2019-

2021), Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Toluca - PMDU (2016-2018), Plan de Acción Climática Municipal de Toluca – PACMUN (2013-2015), Plan de Desarrollo Municipal de Toluca (2016-2018) y el Plan de Ordenamiento Territorial de Toluca. A continuación, se describe cada uno de ellos y se mencionan sus acciones y estrategias relacionadas a las Islas de Calor:

4.5.1 Plan de Desarrollo Municipal de Toluca – PDM (2019-2021)

El Plan de Desarrollo Municipal de Toluca (2019-2021) es un instrumento de planeación basado en la gestión de los resultados para el desarrollo del municipio. El objetivo de este plan es establecer las directrices del gobierno que permita ejecutar las políticas, acciones y programas para consolidar las aspiraciones de los habitantes del municipio de Toluca. A continuación, en la Tabla 36 y Tabla 37 se presentan las acciones y estrategias relacionadas a la adaptación y mitigación de las Islas de Calor en Toluca:

*Tabla 36. Estrategias de mitigación de las Islas de Calor en el PDM (2019-2021) del municipio de Toluca*

Estrategias de mitigación	
Urbanas	
Indirectas	<p>Objetivo 3.3 Implementar proyectos y programas para la preservación del medio ambiente.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Consolidar espacios verdes en las zonas urbanas y proteger las áreas naturales del municipio: Implementar el funcionamiento de patrullas ambientales que vigilen las normas vigentes en la materia.</li> <li>2. Crear el Plan Municipal de Infraestructura Verde que promueve edificaciones y equipamientos urbanos sustentables.</li> <li>3. Sembrar árboles nativos y frutales, preferentemente especies nativas del Valle de Toluca, en las calles de todas las delegaciones y alrededor de cuerpos de agua.</li> <li>4. Recuperar zonas afectadas de las Áreas Naturales Protegidas.</li> <li>5. Reforestar cerros, reservas ecológicas, áreas naturales protegidas, en coordinación con los gobiernos estatal y federal, con la sociedad civil y población.</li> <li>6. Promover mediante campañas, cursos y talleres la concientización y capacitación para la preservación y protección de la flora y fauna del municipio y las especies vegetales recién plantadas.</li> </ol>

Tabla 37. Estrategias de adaptación de las Islas de Calor en el PDM (2019-2021) del municipio de Toluca

Estrategias de adaptación			
	Urbanas	Ambientales	Sociales
Indirectas	<p>Objetivo: 3.1 Consolidar una ciudad limpia, ordenada y sustentable.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Promover infraestructuras ordenadas y sustentables.</li> <li>2. Impulsar la creación de infraestructura para la movilidad urbana sustentable,</li> <li>3. Conservar en buen estado las áreas verdes y espacios recreativos naturales,</li> <li>4. Fomentar el incremento del arbolado urbano y edificios verdes.</li> </ol>	<p>Objetivo 3.3 Implementar proyectos y programas para la preservación del medio ambiente.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Incentivar programas que reduzcan los índices de contaminación en el aire, suelo y agua.</li> <li>2. Reducir el bióxido de carbono en la atmosfera a través de mejores prácticas en la actividad humana.</li> </ol>	<p>Objetivo 3.3 Implementar proyectos y programas para la preservación del medio ambiente.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Promover la participación ciudadana para la preservación del medio ambiente.</li> <li>2. Difundir e impulsar una cultura ecología y educación ambiental.</li> </ol>
	<p>Objetivo 2.5. Desarrollar el sector turístico como base del desarrollo local.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Desarrollar infraestructura con una visión sustentable.</li> <li>2. Fortalecer acciones para la recuperación y rehabilitación de predios destinados como áreas verdes.</li> </ol>		<p>Objetivo 2.5. Desarrollar el sector turístico como base del desarrollo local.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Promover una cultura ambiental en el municipio</li> <li>2. Impulsar el control y vigilancia de lugares, con el objeto de evitar el deterioro en el patrimonio de paisaje natural.</li> <li>3. Impulsar acciones de capacitación e información que orienten sobre los efectos del cambio climático.</li> </ol>

Como se muestra en las tablas anteriores, en el Plan de Desarrollo Municipal (2019-2021), el municipio de Toluca apuesta a estrategias de mitigación y adaptación en los sectores urbanos, ambientales y sociales con el fin de disminuir el impacto de las Islas del Calor, entre las estrategias de mitigación se encuentran la consolidación de espacios verdes; implementación de infraestructura verde; reforestación con

especies nativas de la región; recuperación de áreas forestales; y cursos de educación y concientización ambiental respecto a la flora y fauna.

Por otra parte, las estrategias de adaptación del municipio de Toluca se dividen en: urbanos, sociales y ambientales. Entre las acciones urbanas propuestas para la disminución de Islas de Calor se encuentran promover infraestructuras sustentables; fomentar la movilidad urbana sustentable; y conservar e incrementar los espacios verdes y su arbolado urbanos.

Además, algunas de las estrategias ambientales de adaptación son: la implementación de programas que reduzcan los índices de contaminación y la reducción del bióxido de carbono de la atmósfera. Finalmente, entre las estrategias sociales de adaptación se encuentra la incentivación de los habitantes para participar a la preservación del medio ambiente; impulsar una cultura ecológica; implementar campañas de información ciudadana acerca del cambio climático; y el control y vigilancia de zonas verdes.

#### 4.5.2 Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Toluca - PMDU (2016-2018).

El Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Toluca (2016-2018) se constituye como un instrumento técnico-jurídico que en materia de planeación urbana determina los lineamientos para el adecuado ordenamiento urbano en el territorio, promoviendo la coordinación y un desarrollo sustentable, homogéneo y armónico con el medio urbano, social y natural.

Tiene como objetivo establecer políticas, estrategias y objetivos para el desarrollo urbano en los centros de población, mediante la zonificación, las normas de uso, aprovechamiento del suelo, así como las acciones de conservación. En la Tabla 38 y Tabla 39, se presentan las acciones y estrategias relacionadas a la adaptación y mitigación de las Islas de Calor para el municipio de Toluca:



Tabla 38. Estrategias de mitigación de las Islas de Calor en el PMDU (2016-2018) del municipio de Toluca

Estrategias de mitigación	
Ambientales	
Indirectas	<p>3.2.1.1.10.2. Parques, jardines y su equipamiento.                      Objetivo 1. Mantener en buen estado de uso las áreas verdes y espacios recreativos naturales a través de la conservación y aprovechamiento de los parques y jardines municipales.                      Estrategia 1. Fomentar la rehabilitación y mantenimiento a la infraestructura y áreas verdes de los parques y jardines para el embellecimiento y mejoramiento de la imagen urbana de Toluca.</p>
	<p>3.2.1.1.10.3. Recursos forestales                      Objetivo 1. Contribuir a la conservación del ecosistema y la biodiversidad mediante la disminución de la contaminación y la producción de gases con efecto invernadero.                      Estrategia 1. Impulsar la instrumentación de programas de reforestación (brechas corta fuego, cercado, cajeteo, deshierbe, poda, fertilización, riego de auxilio, control de plagas, entre otras); con el fin de fomentar la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad supervisando y monitoreando las áreas naturales protegidas para asegurar su sobrevivencia.</p>
	<p>3.2.1.1.10.4. Contaminación de recursos (aire, agua y suelo)                      Objetivo 1. Contribuir a reducir la contaminación de los recursos a través de la ejecución de programas y proyectos integrales de preservación del medio ambiente.                      Estrategia 1. Fortalecer el Plan de Acción Climático Municipal.                      Desarrollar acciones de conservación y restauración de los recursos naturales del municipio.</p>

Tabla 39. Estrategias de adaptación de las Islas de Calor en el PMDU (2016-2018) del municipio de Toluca

Estrategias de adaptación	
Urbanas	
Indirectas	<p>3.2.1.1.10.1. Protección al ambiente y áreas naturales.                      Implementación de la Ecozona Toluca: tiene por objetivo la eficiencia energética, gestión de residuos, movilidad inteligente, cero contaminación, educación ambiental, desarrollo urbano y recuperación de espacios                      Objetivo específico: Contribuir a la preservación del medio ambiente mediante la inspección, vigilancia y monitoreo de los recursos naturales del municipio.</p>

Como se muestra en la información anterior, en el Plan Municipal de Desarrollo Urbano (2016-2018), el municipio de Toluca plantea estrategias de mitigación en cuestión del ambiente y, a su vez, estrategias de adaptación respecto al sector

urbano, con el objetivo de disminuir principalmente la contaminación y la producción de CO<sub>2</sub>.

Entre las estrategias de mitigación se encuentran el mantenimiento de las áreas y espacios verdes; la contribución a disminuir la contaminación y producción de gases de efecto invernadero a través de la reforestación; y la ejecución de programas y proyectos integrales para la conservación y restauración de los recursos naturales del municipio.

De igual manera, algunas de las estrategias de adaptación se basan en la protección del medio ambiente, implementando una *Ecozona* teniendo como objetivo la eficiencia energética, gestión de residuos, movilidad inteligente, cero contaminación, educación ambiental, desarrollo urbano y recuperación de espacios.

#### 4.5.3 Plan de Acción Climática Municipal de Toluca – PACMUN (2013-2015).

El Plan de Acción Climática Municipal de Toluca (2013-2015) es un instrumento efectivo que permite reducir la generación de emisiones y mejorar la calidad de vida de la población a través de acciones de adaptación y mitigación. Este documento permitirá definir la dirección referente a las políticas públicas, estrategias y acciones en materia de cambio climático. En la Tabla 40 y Tabla 41 a continuación, se presentan las acciones y estrategias relacionadas a la adaptación y mitigación de las Islas de Calor en Toluca:

*Tabla 40. Estrategias de mitigación de las Islas de Calor en el PACMUN (2013-2015) del municipio de Toluca*

Estrategias de mitigación		
	Urbanas	Ambientales
Indirectas	<ol style="list-style-type: none"> <li>Promover la eficiencia energética y la cogeneración eficiente en las industrias, para la disminución de los GEI a la atmosfera.</li> <li>Construcción de corredores de movilidad no motorizada como ciclovías.</li> <li>Implementación de un Programa Municipal de Vivienda Sustentable.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Programa de Recuperación de Cuerpos de Agua.</li> <li>Control de Incendios Forestales y en Área Urbana.</li> <li>Conservación y Aprovechamiento de la flora y fauna silvestre mediante la creación de Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre UMAS y el Desarrollo de Corredores Biológicos.</li> </ol>

	<p>4. Elaboración de un Programa de Manejo Integral de Áreas Verdes Urbanas (establecimiento de paleta vegetal urbana; control de plagas y enfermedades, normar podas, retiros; capacitación técnica; disposición adecuada de residuos y educación ambiental).</p> <p>5. Fortalecer el Programa de Movilidad Sustentable.</p>	
--	---	--

*Tabla 41. Estrategias de adaptación de las Islas de Calor en el PACMUN (2013-2015) del municipio de Toluca*

<b>Estrategias de adaptación</b>	
<b>Urbanas</b>	
Indirectas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Recuperación, conservación e incremento de áreas verdes para la regulación del microclima.</li> <li>2. Establecer límites de crecimiento a la mancha urbana y acciones adicionales de su competencia.</li> </ol>

Como se muestra en las tablas anteriores, el Plan de Acción Climática Municipal de Toluca (2013-2015) plantea tanto medidas de mitigación como de adaptación. Estas primeras fueron establecidas a través de un taller conformado por expertos y los tomadores de decisiones el municipio, en donde se analizaron los sectores de: Energía, Transporte, Industria, Residencial, Comercial, Agrícola, Pecuario, Forestal y Desechos.

Se lograron identificar 47 medidas de mitigación, entre las cuales, para mitigar y disminuir las Islas de Calor del municipio se encuentran en los sectores urbanos y ambientales, algunas de estas son: Promover la eficiencia energética de las industrias para la disminución de GEI; construcción de ciclovías; Implementación de Programas de Vivienda Sustentable; promover los espacios verdes, así como el respectivo programa que los administre; y promover la movilidad sustentable.

Por otra parte, respecto a las medidas de adaptación, se establecieron acorde a las amenazas identificadas de acuerdo con el índice de Peligro Municipal del Atlas Nacional de Riesgos, las cuales son: Lluvias torrenciales e inundaciones; Granizadas; Nevadas; y Frentes fríos. Sin embargo, respecto a la mitigación de Islas de Calor en el municipio de Toluca se pudo identificar que se pretende atender la

recuperación, conservación e incremento de áreas verdes para la regulación del microclima, así como establecer límites de crecimiento a la mancha urbana.

#### 4.5.4 Plan de Desarrollo Municipal de Toluca (2016-2018).

El Plan de Desarrollo Municipal de Toluca (2016-2018) es un instrumento rector de planeación municipal en donde se expresan las prioridades, objetivos, estrategias y líneas generales de acción en materia económica, política y social, con el objetivo de promover y fomentar el desarrollo integral y el mejoramiento de la calidad de vida de la población. A continuación, en la Tabla 42 y Tabla 43 se presentan las acciones y estrategias identificadas para disminuir el impacto de las Islas de Calor en Toluca:

*Tabla 42. Estrategias de mitigación de las Islas de Calor en el PDM (2016-2018) del municipio de Toluca*

Estrategias de mitigación		
	Urbanas	Ambientales
Indirectas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Crear corredores verdes, en la zona centro del municipio de Toluca.</li> <li>2. Creación de red de áreas verdes, rehabilitación de espacios y parques públicos y construcción de mobiliario urbano; (Provenientes de autorización de conjuntos urbanos y de desarrollos inmobiliarios nuevos).</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Corredores ecológicos (corredores urbanos bióticos + corredores verdes)</li> <li>2. Promover el desarrollo de azoteas verdes para los edificios habitacionales y comerciales del primer cuadro del centro Histórico de Toluca.</li> </ol>

*Tabla 43. Estrategias de adaptación de las Islas de Calor en el PDM (2016-2018) del municipio de Toluca*

Estrategias de adaptación		
	Urbanas	Ambientales
Indirectas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Desarrollar una estrategia articulada para la consolidación de un sistema ambiental (corredores verdes), que permita tratar con sus impactos conjuntos, así como potenciar los servicios de sus ecosistemas.</li> <li>2. Desarrollar Planes de Movilidad Urbana Sustentable para el valle de Toluca y zona centro.</li> <li>3. Promover la incorporación de criterios de cambio climático en los programas de ordenamiento</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Incrementar la resiliencia a efectos del cambio climático y disminuir emisiones de compuesto y gases de efecto invernadero.</li> <li>2. Implementar Parques de bolsillo y programas de ciudades inteligentes.</li> </ol>

	ecológico y otros instrumentos de planeación territorial.	
	4. Implementar Programas de Corredores Urbanos, Bióticos y Verdes.	

Como se muestra en las tablas anteriores, el Plan de Desarrollo Municipal de Toluca (2016-2018), de acuerdo con su diagnóstico por pilares temáticos, ejes transversales y temas claves de desarrollo, se establecieron las estrategias a seguir en el municipio.

Entre las estrategias para la mitigación de las Islas de Calor en el municipio de Toluca, se pudieron identificar el desarrollo de un sistema ambiental de corredores urbanos, bióticos y verdes; desarrollar el Plan de Movilidad Urbana Sustentable; y promover los criterios de cambio climático en programas de planeación territorial del municipio.

Por otra parte, entre las estrategias para la adaptación de las Islas de Calor se identificaron la implementación de parques de bolsillo; generación de programas de ciudades inteligentes; y el incrementar la resiliencia a efectos del cambio climático.

#### 4.5.5 Modificación del Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Toluca – PMDU (2018)

La modificación del Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Toluca – PMDU (2018) retoma los lineamientos del Plan Estatal de Desarrollo Urbano del Estado de México (2008) y el Plan Regional Metropolitano del Valle de Toluca con funciones preponderantes de administración, industria, comercio y servicios, teniendo como objetivo propiciar la redensificación y saturación urbana que permita el aprovechamiento de infraestructura y suelo. En la Tabla 44 y Tabla 45, se presentan las acciones y estrategias relacionadas a la adaptación y mitigación de las Islas de Calor en Toluca:

Tabla 44. Estrategias de mitigación de las Islas de Calor de la Modificación del PMDU (2018) del municipio de Toluca

Estrategias de mitigación			
	Urbanas	Ambientales	Sociales
Indirectas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Implementación de un sistema de sustentabilidad de las ciudades.</li> <li>2. Arborización del municipio usando sólo especies adecuadas según la imagen urbana o la recomendada por la autoridad municipal.</li> <li>3. Promover el desarrollo de azoteas verdes para los edificios habitacionales y comerciales del primer cuadro del centro Histórico de Toluca.</li> <li>4. Crear corredores verdes, en la zona centro del municipio de Toluca.</li> <li>5. Corredores Urbano Bióticos, se desarrollarán (de forma integral o parcial de acuerdo con su viabilidad y aptitud) en los principales ejes y circuitos intra e interurbanos y algunas otras vías primarias que conectan con la zona metropolitana del Valle de Toluca.</li> <li>6. Disminuir las emisiones de contaminantes, a través de nuevos reglamentos de movilidad urbana.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Principios Rectores (Conceptuales) de la Imagen Objetivo del PMDU de Toluca con el ODS 11.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Proporcionar acceso universal a zonas verdes y espacios públicos seguros, inclusivos y accesibles</li> </ol>

Tabla 45. Estrategias de adaptación de las Islas de Calor de la Modificación del PMDU (2018) del municipio de Toluca

Estrategias de adaptación		
	Urbanas	Ambientales
Indirectas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rehabilitar espacios abiertos para generar parques de bolsillo, a través del programa de ciudades inteligentes.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aumentar el número de ciudades y asentamientos humanos que adoptan y ponen en marcha políticas y planes integrados para promover la inclusión, el uso eficiente de los recursos, la</li> </ol>

		mitigación del cambio climático y la adaptación a él y la resiliencia ante los desastres.
--	--	---

Como se muestra en las tablas anteriores, en la actualización del Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Toluca (2016-2018), se establecieron las siguientes estrategias a seguir en el municipio:

En las estrategias de mitigación para la disminución del impacto de las Islas de Calor se implementará un sistema de sustentabilidad de las ciudades; además, la arborización del municipio usando especies adecuada según la imagen urbana; promover el desarrollo de azoteas verdes, corredores verdes, corredores urbanos; y disminuir las emisiones de contaminantes a través de reglamentos de movilidad.

Como estrategias de adaptación para las Islas de Calor en el municipio, se buscará rehabilitar espacios abiertos para generar parques de bolsillo; y aumentar el número de ciudades y asentamientos humanos que adoptan y ponen en marcha políticas y planes de integridad para promover la inclusión, el uso eficiente de los recursos, y la mitigación del cambio climático y la adaptación a él.

Analizando las estrategias de mitigación y adaptación que se han estado implementando en los diversos instrumentos de planeación en el municipio de Toluca, se pudo identificar que se han contemplado distintas estrategias para disminuir el impacto del cambio climático, sin embargo, las Islas de Calor no se han retomado como punto específico de planeación.

En otras palabras, desde el 2013, en el Plan de Acción Climática de Toluca, se muestra que el municipio planteó estrategias relacionadas a la eficiencia energética, movilidad sustentable, áreas verdes, conservación y aprovechamiento sustentable de la flora y fauna, sin embargo, tan sólo establece la recuperación, conservación e incremento de áreas verdes para la regulación del microclima. Lo que es un punto de partida para analizar el beneficio que tendría ésta última acción a la reducción de Islas de Calor, dado a que el efecto de aumento de temperatura se da por distintas variables, entre ellas la concentración de personas que genera un consumo de combustibles fósiles para el transporte de los individuos

y mercancías, un uso intensivo de energía en los edificios de uso comercial y residencial, alumbrado, así como la producción industrial.

Para el año 2016, se implementaron en el Plan Municipal de Desarrollo Urbano y Plan de Desarrollo Municipal, diversas estrategias entre las cuales retoman la implementación de áreas verdes; la movilidad urbana sustentable; y programas de reforestación, a pesar de ello, se identificaron algunas otras destinadas a la minimización del impacto de las Islas de Calor como los corredores verdes se definen son planeados para múltiples propósitos incluyendo estéticos, culturales, ambientales y otros propósitos sustentables, con el fin de que sean utilizados para la circulación peatonal y tránsito de transporte. Además, sirven para mantener una relación entre naturaleza y sociedad mientras que aumenta la biodiversidad y da continuidad a espacios verdes. Además, se gestionó la implementación de una Ecozona en el municipio, con el objetivo de fomentar el uso de bicicletas en la zona centro del municipio, permitiendo el transporte multimodal. Por último, una estrategia de adaptación que va directamente dirigida a reducir el impacto de este fenómeno son las azoteas verdes, las cuales de acuerdo con González et. Al (2020) sirven como una capa de vegetación colocada en los techos de las construcciones la cual funciona como medio de cultivo, así como un sistema impermeabilizante que filtra y limpia el agua pluvial y el aire, además de que reduce la temperatura del ambiente de 0.3 a 3°C (U. Berardi, 2014).

Dos años más tarde, en el 2018 se aprobó la modificación del Plan Municipal de Desarrollo Urbano, en donde, respecto a las Islas de Calor, se conservó la estrategia de azoteas verdes en las viviendas. Aunado a esta estrategia, se añadieron unas cuantas otras como: Sistemas de sustentabilidad de ciudades; reglamentos de movilidad para disminuir GEI; parques de bolsillo; y la implementación de políticas ecológicas para el uso eficiente de los recursos. Estas beneficiarían a la reducción de las Islas de Calor debido a que son pequeños espacios en remanentes urbanos o viales subutilizados o abandonados convertidos en espacios para la recreación y disfrute de la comunidad, con el objetivo de mejorar la calidad de vida e imagen urbana (SEDUVI, s.f.).



Finalmente, para el año 2019, en el Plan de Desarrollo Municipal, se identificó una mayor cantidad de estrategias de mitigación y adaptación para las Islas de Calor, las cuales van desde la implementación de espacios verdes para la ciudadanía, reforestación en zonas urbanas y cuerpos de agua, y concientización ambiental. Por ende, es importante resaltar que este instrumento plantea diversas estrategias como la protección de la Área Natural Protegida, asimismo, es consiente que se requiere brindar vigilancia dirigida hacia la conservación de los espacios verdes, por lo que se prevé el trabajo colaborativo con patrullas ambientales.

Otro punto importante que resalta el PDM de Toluca (2019), es la mejora de la calidad de aire del municipio, disminuyendo los GEI registrados. Dado a la preocupación de Toluca, es de gran importancia no sólo implementar estrategias direccionadas por un mismo sector, en este caso gubernamental, es por ello por lo que se busca implementar la participación social y una cultura ecológica.

Toluca, al ser el municipio que alberga la mayor población en la ZMVT, tiene la responsabilidad de ser ejemplo rector para los distintos municipios que la complementan, por ello, se identificó que Toluca, además de ser el municipio que tiene mayores variaciones de temperaturas (el cual demostró haber tenido temperaturas de 28 a 30°C) e Islas de Calor, se nota respectivamente la participación hacia la disminución de las temperaturas, así como del tema del cambio climático. Sin embargo, sería importante retomar directamente estrategias que vayan dirigidas específicamente a la mitigación y adaptación de las Islas de Calor en el municipio.

#### 4.6 Instrumentos de Planeación del municipio de Zinacantepec

Algunos de los programas y planes implementados en Zinacantepec con relación a la disminución del impacto por Islas de Calor son: Plan de Desarrollo Municipal de Zinacantepec – PMD (2019-2021) y el Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Zinacantepec – PMDU (2016-2018). A continuación, se describe cada uno de ellos y se mencionan sus acciones y estrategias relacionadas a las Islas de Calor.

#### 4.6.1 Plan de Desarrollo Municipal de Zinacantepec – PDM (2019-2021)

El Plan de Desarrollo Municipal de Zinacantepec (2019-2021) es el instrumento que brindará la orientación al gobierno municipal para establecer las estrategias y acciones correspondiente al desarrollo integral. Tiene como objetivo dar rumbo y dirección a las acciones para atender los problemas y la demanda de la sociedad que ajean el municipio. En este se expresan las prioridades, objetivos, estrategias y líneas de acción para promover la mejora de la calidad de vida de la población. En la Tabla 46 y Tabla 47 a continuación, se muestran las estrategias de mitigación y adaptación respecto a los efectos de las Islas de Calor planteadas en dicho documento:

*Tabla 46. Estrategias de mitigación de las Islas de Calor del PDM (2019-2021) del municipio de Zinacantepec.*

<b>Estrategias de mitigación</b>		
	<b>Urbanas</b>	<b>Ambientales</b>
Indirectas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ejecutar proyectos de embellecimiento y mejoramiento en parques, jardines y áreas verdes.</li> <li>2. Gestionar ante las dependencias gubernamentales federales y estatales la donación de los recursos forestales que permitan incrementar el arbolado en el municipio</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ejecutar en coordinación con dependencias gubernamentales federales y estatales en la implementación de programas que fomenten el desarrollo forestal.</li> </ol>

*Tabla 47. Estrategias de adaptación de las Islas de Calor del PDM (2019-2021) del municipio de Zinacantepec*

<b>Estrategias de adaptación</b>	
	<b>Ambientales</b>
Indirectas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fomentar la participación de los órdenes de gobierno federal y estatal, así como de las instituciones académicas y sociedad en la atención de la problemática de la contaminación del aire.</li> </ol>

Como se puede observar en las tablas anteriores, de acuerdo con las estrategias de mitigación, en el sector urbano, el gobierno municipal se plantea ejecutar proyectos de mejoramiento de los parques y jardines del municipio; además, se busca gestionar en dependencias gubernamentales, ya sean federales y estatales, recursos forestales que permitan aumentar el arbolado. Por otra parte, en el sector

ambiental, se busca implementar un desarrollo forestal ya sea con programas y proyectos por parte de la coordinación entre el municipio y el estado.

Por otra parte, de acuerdo con las estrategias de adaptación, el municipio fomenta la participación colaborativa entre el gobierno, instituciones académicas y sociedad en general para atender las problemáticas de la contaminación del aire.

4.6.2 Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Zinacantepec – PMDU (2016-2018)

El Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Zinacantepec (2016-2018) tiene como objetivo promover estrategias y acciones orientadas a la situación actual y futura de la zona urbana y la población que la habita. Permite planificar el desarrollo urbano mediante las condiciones de sustentabilidad y bienestar social, establece los usos de suelo permitidos, áreas de crecimiento futuro, además de que considera la dotación de servicio con el fin de dirigir el crecimiento urbano hacia zonas aptas. A continuación, en la Tabla 48 y Tabla 49 se muestran las estrategias de mitigación y adaptación de los efectos de las Islas de Calor en el municipio:

*Tabla 48. Estrategias de mitigación de las Islas de Calor del PMDU (2016-2018) del municipio de Zinacantepec*

Estrategias de mitigación		
	Urbanas	Ambientales
Indirectas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Establecer un programa de cuidado y protección al medio ambiente, que incluya actividades de reforestación y eventos sobre el fomento a la cultura del cuidado al medio ambiente en la población.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El municipio se integró al programa Aire Limpio 2012-2017 cuya principal finalidad es la de propondrán acciones a favor del medio ambiente; además de monitorear las fuentes de contaminación.</li> <li>2. Dar continuidad a los programas de forestación y reforestación.</li> <li>3. Implementar el Programa de reforestación municipal con la participación de la sociedad.</li> </ol>

Tabla 49. Estrategias de adaptación de las Islas de Calor del PMDU (2016-2018) del municipio de Zinacantepec

Estrategias de adaptación		
	Urbanas	Social
Indirectas	1. El establecimiento de parques urbanos, zonas sujetas a conservación ecológica y otras zonas prioritarias de preservación y restauración del equilibrio ecológico en la jurisdicción municipal.	2. Generar campañas de información y concientización ciudadana sobre la importancia y cuidado del medio ambiente.

Como se observa en las tablas anteriores, algunas de las estrategias de mitigación dirigidas al sector urbano constan de la implementación de programas de cuidado y protección al medio ambiente, en donde incluirán actividades recreativas como de reforestación y el fomento de la cultura de sustentabilidad en la población. Por otra parte, las estrategias dirigidas específicamente al sector ambiental constan de la implementación del Programa Aire Limpio 2012-2017, dar continuidad a programas de reforestación y forestación y, además, concretamente implementar un Programa de Reforestación municipal y la sociedad.

De acuerdo con las estrategias de adaptación del municipio para los efectos de las Islas de Calor, se establecerán parques urbanos y zonas sujetas a conservación ecológicas para la restauración del equilibrio ecológico, además, se generarán campañas de concientización dirigida a la población con la temática de la importancia respecto al cuidado del medio ambiente.

Para el análisis del municipio de Zinacantepec, se retomó el Plan Municipal de Desarrollo Urbano (2016-2018) en donde se identificó la participación en el Programa Aire Limpio 2012 – 2017 cuya finalidad fue proponer acciones a favor del medio ambiente y la mejora de la calidad del aire, sin embargo, este no ha sido retomado nuevamente y no se encuentra algún registro que actualice su compromiso con implementar nuevas acciones con el fin de contrarrestar cualquier problemática relacionada con el déficit del cuidado del medio ambiente que beneficie a la población del municipio.

Complementando el párrafo anterior, una de las estrategias fue establecer programas de cuidado y protección del medio ambiente, incluyendo actividades de reforestación y educación ambiental. Estas estrategias enfocadas y dirigidas a la participación ciudadana, con el fin de mantener una armonía ecológica en el municipio.

Para el año 2019, en el Plan de Desarrollo Municipal, se retomaron algunas de las estrategias planteadas en el PMDU del municipio (2016), una de estas fue el fomento de la participación gubernamental y ciudadana para atender las problemáticas ambientales; por otra parte, el municipio planteó mejorar los parques y las áreas verdes con arbolado de especies que mejoren la imagen urbana de Zinacantepec.

A lo largo de estos años, no se retomaron estrategias que directamente atiendan a la mitigación y adaptación de las Islas de Calor Urbana. Por ello, es de gran importancia que el municipio destaque esta problemática y sea una de sus prioridades, debido a que, de acuerdo con esta investigación, se identificó que el municipio de Zinacantepec si presenta altas temperaturas tanto en el día como en la noche, reflejándose en que las medias máximas y mínimas fueron rebasadas por los valores registrados en la estación meteorológica, con valores que llegaron desde los 18°C hasta los 28.1°C en las temperaturas máximas y desde 1 a los 10°C en las mínimas, siendo un aumento que fue ocurriendo a lo largo de los años reflejado desde el primer año de estudio de esta investigación.

#### 4.7 DISCUSIÓN GENERAL

Es importante integrar las variables de características de cada municipio como es el crecimiento poblacional, índice de densidad de población y flujo vehicular que permitan entender mejor los procesos de crecimiento urbano de cada uno y que a su vez se construya un panorama o contexto que explique la congruencia de las estrategias plasmadas en cada documento de políticas públicas y el comportamiento de temperaturas (máximas y mínimas). En la Tabla 50, se presenta un cuadro comparativo, con las variables mencionadas de los 4 municipios (Calimaya, Metepec, Toluca y Zinacantepec).

Tabla 50. Características de los municipios centrales de la ZMVT

	<b>Toluca</b>	<b>Metepec</b>	<b>Zinacantepec</b>	<b>Calimaya</b>
<b>Población</b>	Toluca es el municipio que más habitantes registró a lo largo de ambos censos realizados por INEGI, en el 2010 el número fue de <b>819,561</b> , en cambio en el 2015 la cifra aumentó a <b>873,536</b> personas.	De acuerdo con el INEGI (2010) el número de habitantes fue de <b>214,162</b> , mientras que para el 2015 la cifra aumento a <b>227,827</b> personas habitando el municipio.	En el año 2010 el municipio tuvo un registro de <b>167,759</b> habitantes en el 2010, aumentando a <b>188,927</b> a lo largo de 5 años.	De acuerdo con el Censo de población y vivienda del 2010, la población total del municipio fue de <b>47,033</b> , en cambio esta cifra aumento a <b>56,574</b> en el último registro de la encuesta intercensal del 2015.
<b>Densidad de población</b> De acuerdo con la encuesta intercensal (2015)	<b>1,930.89</b> habitantes por kilómetro cuadrado.	<b>3,234.8</b> habitantes por kilómetro cuadrado.	<b>612</b> habitantes por kilómetro cuadrado.	<b>553</b> habitantes por kilómetro cuadrado.
<b>Número de autos</b>	El 2010 el número total de autos fue de <b>257,797</b> , mientras que para el 2019 el aumento fue de un total de <b>504, 662</b> vehículos.	En el 2010 hubo <b>78,224</b> autos registrados y a lo largo de 10 años, el total fue de <b>157,355</b> (2019).	El 2010 registró un total de <b>23,206</b> vehículos, en cambio para el 2019 el total fue de <b>53,526</b> .	En el 2010 se registró un total de <b>5,846</b> , mientras que en el 2019 fueron <b>17,592</b> .
<b>Temperaturas</b>	Dentro de las temperaturas máximas, existieron valores desde <b>18°C</b> hasta los <b>28°C</b> con respecto a las medias mensuales.	Las temperaturas máximas que registró este municipio fueron valores de <b>26.6°C y 26.8°C</b> . Mientras que para las temperaturas	Dentro de las temperaturas medias máximas hubo valores de <b>18 a 26°C</b> respecto a la media mensual.	Las variables de las medias máximas mensuales van desde los <b>19°C</b> hasta el incremento de los <b>24°C</b> . En las temperaturas mínimas, el

	Mientras que, en los valores mínimos, con rangos de variación entre los <b>2°C</b> a los <b>8°C</b> .	mínimas estuvo llegando a los -7.5°C, y en la temperatura más elevada que se llegó a registrar fue de <b>7°C</b> .	En cambio, en las mínimas, el rango de temperatura fue desde <b>1°C</b> hasta los <b>10°C</b> .	rango va desde un <b>1 a 7.2°C</b> .
<b>Planes y Programas Municipales</b>	Los programas con los que contó a lo largo de un periodo de 10 años hablando en términos de acciones <b>indirectas</b> hacia las ICU fueron <b>5</b> : El Plan de Desarrollo Municipal de Toluca – PDM (2019-2021), Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Toluca - PMDU (2016-2018), Plan de Acción Climática Municipal de Toluca – PACMUN (2013-2015), Plan de Desarrollo Municipal de Toluca (2016-2018) y el Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Toluca – PMDU (2018).	Los programas con los que contó a lo largo de un periodo de 10 años hablando en términos de acciones <b>directas</b> e <b>indirectas</b> hacia las ICU fueron <b>4</b> : Plan de Desarrollo Municipal de Metepec – PDM (2019-2021), Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Metepec - PMDU (2016-2018), Plan de Acción Climática Municipal de Metepec – PACMUN (2017) y el Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Metepec – PMDU (2018).	Los programas con los que contó a lo largo de un periodo de 10 años hablando en términos de acciones <b>indirectas</b> hacia las ICU fueron <b>2</b> : El Plan de Desarrollo Municipal de Zinacantepec – PMD (2019-2021) y el Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Zinacantepec – PMDU (2016-2018).	Los programas con los que contó a lo largo de un periodo de 10 años hablando en términos de acciones <b>indirectas</b> hacia las ICU fueron <b>2</b> : El Plan de Desarrollo Municipal de Calimaya – PMD (2019-2021) y el Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Calimaya – PMDU (2016-2018).

Fuente: Elaboración propia.

Con base en los datos recopilados dentro de la tabla comparativa, al menos dos de los 4 municipios estudiados, ya cuentan con un gran desarrollo e incremento en sus elementos de urbanización, en este caso fueron Toluca y Metepec. Sin dejar de lado que Calimaya y Zinacantepec tuvieron igualmente un incremento de población considerable, aunque en menor cantidad, esto comienza a generar un impacto dentro de cada zona. Estos mismos datos irían ligados al incremento de número de vehículos que existen dentro de cada municipio y además de que la tendencia del aumento de temperatura tiene una estrecha relación con las emisiones de CO<sub>2</sub> y la falta de áreas verdes en cada municipio.

Todos estos elementos antes mencionados se analizan de manera más detallada en los siguientes párrafos y de acuerdo con la información recabada durante esta investigación y específicamente dentro de cada municipio se determinó que:

Toluca fue el municipio que más variaciones de temperatura presentó dentro de los 4 municipios. Además de que hubo más diferencias de temperaturas en los valores mínimos a comparación de las máximas con los otros municipios, con rangos de variación máximos de 9 y 9.4°C respecto a su media mensual, lo que provoca indicios de las islas de calor nocturnas, efectos en el ambiente, y por ende a la población del mismo municipio. Sin embargo, dentro de las temperaturas medias máximas, este municipio fue el que tuvo un mayor valor, llegando a registrar 28°C, mientras que, en los valores más altos fue de hasta los 30°C.

Además, es el territorio más poblado de los 4 estudiados, con 873,536 personas (2015), siendo el municipio central de la ZMVT, contando con un total de 1,930.89 habitantes por kilómetro cuadrado en una extensión territorial de 452.4 km<sup>2</sup>, también cuenta con la mayor cantidad en incremento de vehículos registrados a lo largo de un lapso de 10 años, en el 2019 tuvo 504,662 unidades y el incremento fue de un 95.75% de vehículos a comparación del 2010, además de que es donde se alberga la mayor cantidad de actividad comercial e industrial. Debido a lo mencionado anteriormente, no hay suficientes áreas verdes de acuerdo con los requerimientos por persona por parte de la OMS, en donde establece que deberían de contar con un mínimo de 9 a 15 m<sup>2</sup>, esta zona cuenta solamente con un promedio de 5.3 m<sup>2</sup> por habitante.



Con esta problematización recopilada, se puede llegar a evidenciar que no se están cumpliendo con las estrategias planteadas en los instrumentos oficiales. Sin embargo, es necesario reconocer que es el municipio que cuenta con el mayor número de instrumentos territoriales y ambientales con estrategias sobre sustentabilidad y cambio climático (5 en total), de manera que están abordando a las ICU indirectamente, ya que el concepto de las islas de calor no existe ni se implementa en ninguna de las estrategias planteadas. Dentro de estas propuestas mencionadas en los documentos de las políticas públicas, el más completo de ellos es el PACMUN (2013 – 2015), que, aunque no considera ni prioriza esta problemática, solo cuenta con acciones indirectas para la mitigación del cambio climático, en el cual se planteó estrategias relacionadas a la eficiencia energética, movilidad sustentable, áreas verdes, conservación y aprovechamiento sustentable de la flora y fauna. Otro punto importante, es que no manejan una actualización desde el año 2015, por lo que no se atienden los efectos actuales dentro del territorio.

El municipio no ha presentado casos exitosos sobre las acciones indirectas de adaptación y mitigación planteadas, que muestren un grado de avance o mejora de acuerdo con los instrumentos vigentes. A pesar de priorizar la implementación de acciones urbanas como techos y azoteas verdes, al igual que Metepec.

En el caso de Metepec, se encontró la mayor limitante de esta investigación, esto debido a los datos no disponibles sobre las temperaturas máxima y mínima diarias ni mensuales por parte de alguna fuente oficial, por lo que no se pudo hacer un análisis específico ni detallado sobre la evidencia del aumento de temperatura y por ende sobre las ICU, sin embargo, se pudieron identificar algunos de los datos recopilados por parte de una red meteorológica. En la que, a grandes rasgos, si se logró observar un incremento de temperatura especialmente en el día, llegando a tener valores máximos de 26.8°C.

Metepec se encuentra en el segundo lugar (de los 4 municipios estudiados) en cuanto al incremento de vehículos, con un total de 157,355, reflejando un 50.2% de aumento a comparación del registro del 2010, al igual que su población, debido a que aumentó 13,665 habitantes con respecto a los censos del 2010 al 2015,

registrando un total de 227,827 personas. Por ello, su densidad de población de este municipio tuvo un total de 3,234.8 habitantes por kilómetro cuadrado, una cifra considerablemente alta, debido a que su superficie territorial es 70.53 km<sup>2</sup>, por lo tanto, es el que mayor concentración tiene (de los 4 municipios mencionados en esta investigación).

Dentro de las políticas públicas, una de las situaciones que se observaron es que la clasificación dentro de los programas no mostró una clara diferencia entre mitigación y adaptación, además de que las definiciones no fueron precisas ni claras y dando lugar a que se clasificaran de manera indistinta, tanto en la hora de la elaboración de cada documento y al momento de crear las posibles estrategias como en el caso de clasificarlas en esta investigación, recordando que, al colocarlas en su respectiva categoría, se infirió si pertenecía en el recuadro de mitigación o adaptación de acuerdo a su redacción y principalmente a los verbos con los que comenzaba cada estrategia. Además, es necesario recalcar que, si hay políticas que priorizan la mitigación y adaptación de las islas de calor de manera directa siendo que toman particularmente este problema en el Plan de Desarrollo Municipal de Metepec (2019-2021), en el cual plantea la construcción de azoteas y muros verdes y la plantación de árboles adecuados para zonas urbanas para la mitigación a mediano y largo plazo los efectos del cambio climático. Mientras que, en las estrategias de adaptación del Plan de Acción Climática Municipal de Metepec (2017), reitera el compromiso de implementar las mismas acciones que el documento anterior en los espacios públicos. Además, es necesario tomar en cuenta que el concepto del crecimiento urbano en este municipio ya está documentado, por lo tanto, estas acciones se pueden considerar como medidas de prevención ante la problemática de las ICU.

Sin embargo, también se mencionan algunas propuestas que atienden el problema indirectamente como en la modificación del Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Metepec (2016-2018), que planteó elaborar un plan de manejo del Parque Municipal de Recreación Popular el Calvario con el fin de incorporar acciones que beneficien a la mejora de la imagen urbana y del medio ambiente de este, además de que fomenta la educación ambiental por medio de

talleres en diferentes niveles de educación con el fin de fomentar la protección del medio ambiente en el municipio.

Por lo tanto, se podría decir que Metepec es el único municipio que tuvo estrategias propuestas mejor elaboradas que cualquier otro municipio estudiado en este trabajo, a pesar de que no se tenga evidencia de un incremento en las temperaturas por los últimos años, Metepec se preocupó por la situación en tema del cambio climático y por ende en la disminución de las ICU, mismas que sí podrían llegar a presentarse debido a que su concentración de población es demasiado alta debido a su pequeña extensión territorial. El único problema es que no existe una actualización de algunos documentos, principalmente se hablaría del PACMUN, el cual toma propuestas directas ante la problemática de las ICU, en donde su última versión fue hace 6 años por lo tanto es indispensable que se considere realizarse para continuar con la prevención o la manera de actuar ante temas de índole ambiental y en torno al beneficio de sus habitantes.

El municipio de Zinacantepec fue el municipio que rebasó todos los años la media mensual de acuerdo con los datos de SMN. Una de las causas es que las variaciones y aumento de temperatura se ven reflejados por la cercanía del municipio de Toluca, al igual de que la estación meteorológica está ubicada en los límites de Zinacantepec y Toluca, lo que hizo notar que la temperatura fue de 18 a 26°C y 1 a 10°C respecto a la media mensual, esto reflejado por el incremento de su población, en donde aumentó a 21,168 de habitantes a lo largo de un periodo de 5 años, contando con 612 habitantes por kilómetro cuadrado en un territorio de 308.7 km<sup>2</sup>, además de que incrementó por más del doble los vehículos, a pesar de tener un registro únicamente de 53,526 autos en el 2019, este rebasó más del doble el total inicial de vehículos con 130.65%, lo que empieza a provocar diversos efectos como mayor concentración de calor y contaminación.

Este municipio solo contó con 2 instrumentos en el periodo de 10 años y únicamente el Plan Municipal de Desarrollo se encuentra con una actualización vigente, por lo tanto, la problematización de las temperaturas elevadas y su incremento se ve reflejado por la escases de políticas ambientales. En el PDM (2019 – 2021) solo se encontraron 4 estrategias indirectas siendo muy generales, donde dos de ellas van

enfocados a la contaminación del aire y al aumento de arbolado y áreas verdes. Además de que únicamente busca implementar un desarrollo forestal con programas y proyectos por parte de la coordinación entre el municipio y el estado. Por otro lado, en el PMDU (2016 – 2018) la mayoría de sus estrategias van dirigidas al sector urbano y en menor cantidad a la protección del medio ambiente, donde únicamente incluyeron actividades recreativas como de reforestación y el fomento de la cultura de sustentabilidad en la población. Además de que, es importante mencionar que no hay seguimiento o casos de éxito de las acciones propuestas anteriormente y por ende no se puede visualizar un cambio importante para erradicar o en su defecto contrarrestar la problemática del cambio climático o la posible existencia de ICU en la zona.

Por último, en Calimaya se pudo identificar que existió un aumento de la población, en el 2010 se tuvo 47,033 habitantes y en la encuesta intercensal del 2015 registró a 56,574 habitantes, mientras que, su densidad de población fue de 553 habitantes por kilómetro cuadrado en un territorio de 102.3 km<sup>2</sup>, asimismo y de acuerdo con INEGI (2019) existió un aumento del 66.76% de vehículos en un periodo de 10 años contando con 17,592 de vehículos en el 2019 y aunque fue el que menor incremento de vehículos dentro de los 4 municipios estudiados, el porcentaje que registró fue elevado a comparación del impacto de desarrollo urbano que tiene actualmente el municipio. Además, por parte de las temperaturas medias máximas y mínimas mensuales muestran datos que van desde los 19 a 24°C y 1 a 7.5°C respectivamente, los cuales están por encima del promedio de la media mensual del municipio del periodo, específicamente en la temperatura máxima en los meses de febrero a mayo oscilando entre los 25 hasta los 28.4°C, que pueden incidir en la formación de ICU en determinados periodos.

Se logró percibir que existe una carencia de políticas públicas e instrumentos de planeación, ya que solo se encontraron dos documentos oficiales publicados por el H. Ayuntamiento del municipio a lo largo de un periodo de 10 años y 3 administraciones (aproximadamente), de los cuales solo el Plan de Desarrollo Municipal se encuentra con una actualización vigente.

Además de que estas van más dirigidas a los temas del cuidado del medio ambiente y sustentabilidad, teniendo como prioridad la movilidad sustentable y calidad de aire. La única propuesta que estuvo cerca de atender a las ICU fue encontrada en el PMD (2019 – 2021), el cual menciona la plantación de árboles adecuados para zonas rurales y urbanas, por lo cual se puede tomar como acciones generales sin enfocarse a la problemática directa.

## CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en la siguiente investigación y tomando en cuenta la pregunta de investigación al inicio, la cual es ¿Cómo están abordando los gobiernos municipales en los planes y programas la mitigación de islas de calor y la adaptación a los impactos de estas en los municipios de Calimaya, Metepec, Toluca y Zinacantepec perteneciendo a la zona céntrica de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca? Acorde con la hipótesis que se planteó se esperaba que, dentro de los instrumentos de políticas públicas de cada administración municipal, la manera en la que se atendería la problemática de las ICU fueran indirectas. La investigación comprobó esta hipótesis dado que los resultados que se obtuvieron en el análisis de los documentos disponibles de cada municipio dieron evidencia que todas las estrategias abordan las ICU de manera indirecta en los municipios de Toluca, Zinacantepec y Calimaya. Con la excepción del municipio de Metepec, el cual si tiene contemplado dentro de su instrumento de Plan de Desarrollo Municipal de Metepec – PDM (2019 – 2021) y PACMUN (2017), el tema de infraestructura verde (techos, muros verdes), plantación de árboles y reforestación para la atención directa de ICU.

Para el caso del municipio de Toluca se resalta que cuenta con proyectos que promueven la implementación de vegetación urbana con un enfoque que está dirigido a la recreación social e imagen urbana de la ciudad, es decir, estas estrategias coadyuvan indirectamente a la mitigación de ICU. Se considera necesario que el municipio impulse un vínculo entre los espacios verdes que existen actualmente con aquellos que se intentan instalar para así lograr a reducir los impactos generados por el aumento de temperatura y la urbanización que crece paulatinamente.

Para los municipios de Calimaya y Zinacantepec, la manera de actuar se centra en que su prioridad está más enfocada en acciones de sustentabilidad y cuidado del medio ambiente, además de que sus acciones más comunes fueron en tema

de educación ambiental, reforestación y conservación de áreas verdes, que de nueva cuenta influyen de manera indirecta en la atención de ICU.

Pero, de manera general una de las propuestas más comunes que atendieron indirectamente al problema de las Islas de Calor dentro estos documentos fueron, en primer lugar, la reforestación, este fue un factor que en teoría ayudó a que las áreas verdes y algunos corredores urbanos estén contribuyendo a erradicar los dos principales problemas contra el cambio climático en general. Cabe mencionar que no se encuentra con una evaluación del éxito de estas reforestaciones para conocer realmente su función en la regulación de temperatura.

Otro aspecto importante fue la infraestructura verde, haciendo parecer que de alguna forma se rescataron espacios de vegetación dentro de estos municipios centrales de la ZMVT, a través del diseño y la planificación de áreas conformadas por distintos elementos tales como: parques, jardines, camellones, jardineras y arbolado urbano. Sin embargo, por los resultados obtenidos por las temperaturas, se puede inferir que estas obras fueron insuficientes. Y, por último, las azoteas, corredores y muros verdes traen beneficios tanto para el entorno donde se ubican las edificaciones como para los habitantes de ellas.

Los objetivos generales que se mencionaron anteriormente en esta investigación se pudieron cumplir de manera exitosa. Con base al análisis derivado de la clasificación de las acciones gubernamentales de los programas implementados en los municipios de Calimaya, Metepec, Toluca y Zinacantepec que tienen influencia con las islas de calor urbanas, asimismo identificando las implicaciones de las decisiones de los gobiernos municipales en la misma problemática.

Dentro de la realización de la metodología se utilizaron diferentes fuentes de información, de las cuales hubo limitaciones en las que algunas no contenían información completa o no estaban disponibles y no existía un monitoreo de valores en algunos municipios en el tema de temperaturas, esto dificultó aún más el poder completar el proceso en el cumplimiento de los objetivos y la metodología en sí.

A partir de esta obtención de las bases de datos en un periodo de los años 2010 – 2019, estas herramientas permitieron identificar que en estos municipios hay una tendencia a aumento de temperatura especialmente en los meses fríos de enero, octubre, noviembre y diciembre que pueden dar lugar a formar ICU o intensificar las existentes, particularmente en Toluca y Metepec en el periodo estudiado debido a sus procesos intensos de urbanización en décadas pasadas. Situación similar en Calimaya y Zinacantepec, con una tendencia en el aumento de temperaturas, pero menos intensas y además de que responden a un proceso de urbanización más reciente. Sin embargo, en el caso de que se hubiera podido acceder a más datos de estos 4 municipios se podría comprobar que estos problemas son de hecho más comunes y fuertes de lo que en realidad se plasman en la información obtenidas únicamente.

La clasificación que se realizó en torno a los aspectos ambiental, social y urbano fue con el propósito de identificar si las propuestas van más encaminadas a un ámbito en específico o prevén medidas equitativamente a esos 3 ámbitos, por lo que se pudo observar que dentro de los instrumentos de política pública van más encaminados a un tema más ambiental pero de manera superficial a pesar de que se actuó indirectamente en el problema de las ICU, lo cual refleja a que no se identifican como un problema prioritario, además si hablamos del documento en general, sus preocupaciones e intereses van más dirigidas al beneficio social.

Sin dejar de lado que el papel que jugaron estos documentos e instrumentos municipales fue de gran importancia, sin embargo, no se tiene una evaluación del cumplimiento de las estrategias (mitigación y adaptación) para determinar su éxito en la reducción de las temperaturas de las ciudades.

Además, el problema de Toluca y Metepec es que el crecimiento poblacional, de vehículos y la disminución de áreas verdes es una detonante para intensificar los factores formadores de incremento de temperaturas e ICU, y con ello se refleja que las condiciones no vayan a mejorar pronto, sin dejar de lado que la atención en las políticas o son nulas o únicamente las están empezando a emplear en sus instrumentos.



Para el caso de Zinacantepec, hay que considerar que también presenta un crecimiento de urbanización importante y un considerable aumento de vehículos en un periodo prácticamente corto, por lo que a mediano plazo aumentaría la formación de ICU si el municipio no considera políticas que prevengan la formación de este mismo fenómeno.

Mientras que, para Calimaya, al tener una transformación en el uso de suelo de agrícola a uso habitacional y residencial, tiene una tendencia de aumento de temperatura menos notoria que no permite reconocer la problemática de ICU como actual, además de que es necesario la obtención de más datos para que se documente la existencia de ICU en el municipio. Por lo que, estas estrategias indirectas plasmadas en sus documentos ayudaran, pero las condiciones de crecimiento pueden intensificarlas y el ritmo en el que están actuando es más lento a comparación del ritmo en el que el crecimiento poblacional avanza, tal como se ve reflejado en los casos de Toluca y Metepec.

Es por eso por lo que esta investigación, además de identificar los instrumentos de planeación y la tendencia del aumento de temperatura por cada municipio que da paso a la formación de las ICU, permitirá generar un antecedente con el fin de reconocer que las islas de calor urbanas son un problema actual y de alto impacto en las ciudades urbanizadas dentro de la ZMVT. Además de dar una visión a la implementación de nuevas políticas directas a la adaptación y mitigación ante esta problemática por parte de los gobiernos actuales. En los cuales se procura dar atención a la creación y/o rescate de espacios públicos con el fin de brindar una mejor habitabilidad para la población, así como indagar sobre soluciones para la reducción de las altas temperaturas y mitigar los efectos del cambio climático. Se espera que en el futuro las acciones que se propongan tengan una mejoría en cuanto a la manera de ponerlos en marcha y en el cumplimiento de ellos, con una mayor eficiencia específicamente en el tema central, las islas de calor, y que estos conceptos se integren en proyectos de infraestructura verde que brinden solución a los problemas ambientales, urbanos y sociales.

## 5.2 RECOMENDACIONES

Derivado de las problemáticas identificadas anteriormente, y con base en el análisis de las temperaturas de cada municipio, se recomienda considerar lo siguiente:

1. Incluir instrumentos para islas de calor de manera directa ligadas al sector público.
2. Expandir y proteger la cubierta arbórea urbana con el objetivo de enfriar la ciudad y mejorar la vegetación dentro de los municipios centrales de la ZMVT.
3. Promover la implementación de las azoteas verdes dentro de los municipios centrales con el fin de que funcionen como medio de cultivo, así como un sistema impermeabilizante que filtre y limpie el agua pluvial y el aire permitiendo reducir la temperatura del ambiente de 0.3 a 3°C.
4. Reducir la reflectividad solar del pavimento mediante materiales permeables permitiendo el aumento de la evaporación llegando así a reducir las temperaturas del área.
5. Para el municipio de Calimaya, se ve como posible solución la actualización del Plan Municipal de Desarrollo Urbano, con la intención de consolidar la expansión del área urbana previniendo el crecimiento desmedido de la ciudad. Y elaborar el Plan de Acción Climática Municipal con el fin de reducir la generación de emisiones; disminuir los efectos de las ICU; y mejorar la calidad de vida de la población a través de acciones de adaptación y mitigación de manera directa.
6. En el caso de Metepec, es necesario generar y dar seguimiento a los datos de las temperaturas máximas y mínimas. Además de dar un correcto monitoreo y mantenimiento a las estaciones meteorológicas. Asimismo, sugiere actualizar el Plan de Acción Climática Municipal con el fin de conocer el grado de vulnerabilidad local por los cambios en el clima, así como crear y fomentar soluciones innovadoras y efectivas a los problemas de gestión ambiental para reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

7. En Toluca, es necesario que los estudios y monitoreo de las islas de calor se lleven más a fondo y se les de la debida importancia por parte de su gobierno, con el fin de plasmar la problemática en los diferentes instrumentos en materia de sustentabilidad y cambio climático de manera directa. Además, al igual que los dos municipios anteriores, es necesario contar con una actualización en respecto a el PACMUN y el PDMU.
8. Por último, Zinacantepec requiere de un mayor enfoque sustentable, a modo que se realicen nuevos programas y planes que muestren el verdadero diagnóstico de la problemática que posee con respecto a su urbanización, contaminación y por su puesto a las islas de calor, que se vean reflejado en estrategias y acciones en sus instrumentos municipales, en donde además se vea un grado de avance en sus acciones locales.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arellano, S. G. (Abril de 2019). *La forma urbana actual de las zonas metropolitanas en México: indicadores y dimensiones morfológicas*. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/educm/v34n1/2448-6515-educm-34-01-11.pdf>
- Arellano, S. G. (Abril de 2019). *La forma urbana actual de las zonas metropolitanas en México: indicadores y dimensiones morfológicas*. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/educm/v34n1/2448-6515-educm-34-01-11.pdf>
- Arroyo, N. F., & Schejtman, L. (Noviembre de 2012). *Planificación de políticas, programas y proyectos sociales*. Obtenido de UNICEF y CIPPEC: <https://www.cippec.org/wp-content/uploads/2017/03/1546.pdf>
- Avendaño, J. (2014). *Promoción de los Parques Recreativos Metropolitanos de Costa Rica mediante el uso de medios tecnológicos y otros medios tradicionales*. Obtenido de <https://repositorio.uned.ac.cr/reuned/bitstream/handle/120809/1279/Parques%20Recreativos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ayuntamiento de Calimaya*. (2022). Obtenido de Medio Físico Calimaya: <https://calimaya.gob.mx/tu-municipio/medio-fisico>
- Becerril, A. G. (2006). *El clima urbano en la ciudad de Toluca*. Obtenido de <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal11/Procesosambientales/Climatologia/06.pdf>
- Bianconi, A. S. (Junio de 2012). *La vegetación como parte de la sustentabilidad urbana: beneficios, problemáticas y soluciones para el Valle de Toluca*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/401/40123894006.pdf>
- Bokwa, A. (2004). *El clima en las ciudades*. Obtenido de [http://klimat.czn.uj.edu.pl/enid/2\\_\\_Clima\\_Urbano/-\\_Efecto\\_isla\\_de\\_calor\\_3x6.html](http://klimat.czn.uj.edu.pl/enid/2__Clima_Urbano/-_Efecto_isla_de_calor_3x6.html)
- Caborn, J. M. (2020). *Microclimas*. Obtenido de Universidad de Edimburgo: <http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/23507/U0571.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cantos, J. O. (27 de Septiembre de 2011). *MEGACIUDADES: ESPACIOS DE RELACIÓN, CONTRADICCIÓN, CONFLICTO Y RIESGO*. Obtenido de REDALYC: <https://www.redalyc.org/pdf/176/17622555006.pdf>
- CARACTERÍSTICAS DEL CRECIMIENTO DE LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO*. (2000). Obtenido de [http://www.paot.org.mx/centro/libros/bases/capitulo\\_8.pdf](http://www.paot.org.mx/centro/libros/bases/capitulo_8.pdf)
- Chan, D. A. (2020). *Isla de calor y confort térmico en la Zona Metropolitana de Guadalajara*.
- Chaves, F. F. (Junio de 2002). *Revista de Ciencias Sociales (Cr)*, vol. II, núm. 96. Obtenido de El análisis de contenido como ayuda metodológica para la investigación: <https://www.redalyc.org/pdf/153/15309604.pdf>

- CONAGUA. (2022). *Temperatura*. Obtenido de <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/pronostico-climatico/temperatura-form>
- CONAPO. (2004). *Delimitación de las zonas metropolitanas en México*. Obtenido de [http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/zonas\\_metropolitanas2000/completo.pdf](http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/zonas_metropolitanas2000/completo.pdf)
- COPLADEM. (2022). *Planes y Programas*. Obtenido de [https://copladem.edomex.gob.mx/elaboracion\\_plan\\_desarrollo\\_municipal](https://copladem.edomex.gob.mx/elaboracion_plan_desarrollo_municipal)
- Correa, E. (2010). *Morfología forestal y confort térmico en ciudades oasis de zonas áridas*.
- Dávila, S. R. (11 de Enero de 2011). *Identificación de las islas de calor de verano e invierno en la ciudad de Toluca, México*. Obtenido de Revista de Climatología: <http://www.climatol.eu/reclim/reclim11a.pdf>
- Elizalde, E. C. (Enero de 2013). *BENEFICIOS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE ÁREAS VERDES URBANAS PARA EL DESARROLLO DE CIUDADES TURÍSTICAS*. Obtenido de Revista de Arquitectura, Urbanismo y Ciencias Sociales: <http://148.228.173.140/topofiliaNew/assets/cuatro1cinco3.pdf>
- ENCC. (2013). *Estrategia Nacional de Cambio Climático (2013)*. Obtenido de Gobierno de la República: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/41978/Estrategia-Nacional-Cambio-Climatico-2013.pdf>
- Entercañales, J. M. (2019). *LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE URBANO, UN GRAVE PROBLEMA*. Obtenido de Acciona: <https://www.sostenibilidad.com/construccion-y-urbanismo/la-contaminacion-del-aire-urbano-un-grave-problema/>
- EPA. (23 de Junio de 2021). *Descripción general de los gases de efecto invernadero*. Obtenido de Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos: <https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/descripcion-general-de-los-gases-de-efecto-invernadero>
- ESPARZA, M. G. (Junio de 2017). *LA VEGETACIÓN COMO SISTEMA DE CONTROL PARA LAS ISLAS DE CALOR URBANO EN CIUDAD JUÁREZ, CHIHUAHUA*. Obtenido de <https://revistas.ubiobio.cl/index.php/RHS/article/view/2737/2310>
- García, F. F. (2007). *IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS ÁREAS URBANAS Y RURALES*. Obtenido de <file:///C:/Users/usuario/Documents/8vo%20semestre%20TESIS/TESIS%202021/Tesis%20e%20investigaciones%20de%20ICU/IMPACTOS%20DEL%20CAMBIO%20CLIM%3%81TICO%20EN%20LAS%20C3%81REAS%20URBANAS.pdf>
- Gianella, A. E. (s.f.). *El método hipotético-deductivo*. Obtenido de <https://miel.unlam.edu.ar/data/contenido/2403-B/El-Metodo-Hipotetico-Deductivo2.pdf>
- Godínez, T. Y. (Diciembre de 2016). *Caracterización de los efectos de la isla de calor en la Delegación Venustiano Carranza, Ciudad de México*. Obtenido de <file:///C:/Users/usuario/Documents/8vo%20semestre%20TESIS/TESIS%202021/Tesis%20e>

%20investigaciones%20de%20ICU/Caracterizaci%C3%B3n%20de%20los%20efectos%20de%20la%20ICU%20en%20CDMX.pdf

- González, F. M. (2021). *Cobertura vegetal y la distribución de islas de calor/oasis urbanos en Hermosillo, Sonora*. Obtenido de Frontera Norte.
- Herrera, M. C. (2011). *VARIABILIDAD CLIMÁTICA Y CAMBIO CLIMÁTICO: PERCEPCIONES Y PROCESOS DE ADAPTACIÓN ESPONTÁNEA*.
- Herrera, M. C. (2011). *VARIABILIDAD CLIMÁTICA Y CAMBIO CLIMÁTICO: PERCEPCIONES Y PROCESOS DE ADAPTACIÓN ESPONTÁNEA*. Obtenido de [http://aeclim.org/wp-content/uploads/2016/02/0090\\_PU-SA-VIII-2012-MC\\_PINILLA.pdf](http://aeclim.org/wp-content/uploads/2016/02/0090_PU-SA-VIII-2012-MC_PINILLA.pdf)
- IEECC. (2016). *Estrategia Estatal contra el Cambio Climático (2016)*. Obtenido de [https://ieecc.edomex.gob.mx/sites/ieecc.edomex.gob.mx/files/files/Publicaciones%20Historicas/3\\_Estrategia%20de%20Cambio%20Clim%C3%A1tico/VERSIO%CC%81N%20T%C3%89CNICA.pdf](https://ieecc.edomex.gob.mx/sites/ieecc.edomex.gob.mx/files/files/Publicaciones%20Historicas/3_Estrategia%20de%20Cambio%20Clim%C3%A1tico/VERSIO%CC%81N%20T%C3%89CNICA.pdf)
- IFRC. (2010). *Planificación de proyectos y programas*. Obtenido de La Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja: <https://www.ifrc.org/Global/Publications/monitoring/PPP-Guidance-Manual-SP.pdf>
- INEC. (2012). *INstituto Nacional de Estadística y Censos*. Obtenido de Gobierno de Ecuador: [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas\\_Ambientales/Verde\\_Urbano/Presentacion\\_Indice%20Verde%20Urbano%20-%202012.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Verde_Urbano/Presentacion_Indice%20Verde%20Urbano%20-%202012.pdf)
- INECC. (11 de Noviembre de 2007). *Clasificación y nomenclatura de la vegetación de México*. Obtenido de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/421/cap3.html>
- INECC. (2012). *INECC*. Obtenido de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/685/programas2.pdf>
- Inecc. (2012). *México Quinta Comunicación Nacional ANTE LA CMNUCC*. Obtenido de <file:///C:/Users/usuario/Documents/8vo%20semestre%20TESIS/TESIS%202021/Programas/M%C3%A9xico%20y%20Latino%20America/Quinta%20comunicaci%C3%B3n%20ante%20el%20cambio%20clim%C3%A1tico%20ONU.pdf>
- INECC. (18 de Mayo de 2018). *¿Qué es el clima?* Obtenido de <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/que-es-el-clima>
- INECC. (13 de Julio de 2018). *ACCIONES DE MITIGACIÓN PROPUESTAS HACIA 2030*. Obtenido de <https://cambioclimatico.gob.mx/sexta-comunicacion/material/Mitigacion.pdf>
- INECC. (18 de Mayo de 2018). *Cambio climático*. Obtenido de <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/adaptacion-al-cambio-climatico-78748>
- INEGI. (2010). *Censo de Población y Vivienda 2010*. Obtenido de <https://www.inegi.org.mx/app/scitel/consultas/index#>

- INEGI. (2010). *Censo de Población y Vivienda 2010*. Obtenido de <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/#Herramientas>
- INEGI. (2015). *Tabulados de la Encuesta Intercensal 2015*. Obtenido de [https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.inegi.org.mx%2Fcontenidos%2Fprogramas%2Fintercensal%2F2015%2Ftabulados%2F01\\_poblacion\\_mex.xls&wdOrigin=BROWSELINK](https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.inegi.org.mx%2Fcontenidos%2Fprogramas%2Fintercensal%2F2015%2Ftabulados%2F01_poblacion_mex.xls&wdOrigin=BROWSELINK)
- INEGI. (2021). *Vehículos de motor registrados en circulación*. Obtenido de <https://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/Proyectos/bd/continuas/transporte/vehiculos.asp?s=est?c=13158>
- IPCC. (2013). *¿Qué factores determinan el clima de la Tierra?* Obtenido de [https://archive.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg1/es/faq-1-1.html](https://archive.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/es/faq-1-1.html)
- IPCC. (2013). *CAMBIO CLIMÁTICO 2013 - Bases físicas*. Obtenido de Resumen para responsables de políticas y resumen técnico: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WG1AR5\\_SummaryVolume\\_FINAL\\_SPANISH.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL_SPANISH.pdf)
- Iracheta, A. (2009). *Gobernabilidad en la Zona Metropolitana del Valle de México*. Obtenido de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-74252003000200009](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-74252003000200009)
- Jiménez, I. N. (2013). *IDENTIFICACIÓN Y PROPUESTA DE ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN DEL EFECTO ISLA DE CALOR PARA UNA LOCALIDAD DEL DISTRITO CAPITAL*. Obtenido de <http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/3175/00000845.pdf?squence=1>
- Jiménez, I. N. (2013). *IDENTIFICACIÓN Y PROPUESTA DE ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN DEL EFECTO ISLA DE CALOR PARA UNA LOCALIDAD DEL DISTRITO CAPITAL*.
- Licea, M. R., & Figueroa, E. A. (11 de Septiembre de 2017). *El impacto ambiental producido por la pérdida de áreas verdes en la Ciudad de México, una problemática creciente del siglo XXI*. Obtenido de file:///C:/Users/usuario/Downloads/65446-190900-1-SM%20(1).pdf
- López, A. K. (20 de Diciembre de 2016). *CONFORT TÉRMICO EN ESPACIOS*. Obtenido de file:///C:/Users/usuario/Downloads/Dialnet-ConfortTermicoEnEspaciosVerdesUrbanosEnAmbientesAr-6045648.pdf
- López, D. (2003). *¿QUÉ ES UNA POLÍTICA PÚBLICA?* Obtenido de [https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4\\_uibd.nsf/8122BC01AACC9C6505257E3400731431/\\$FILE/QU%3%89\\_ES\\_UNA\\_POL%3%8DTICA\\_P%3%9ABLICA.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/8122BC01AACC9C6505257E3400731431/$FILE/QU%3%89_ES_UNA_POL%3%8DTICA_P%3%9ABLICA.pdf)
- López, D. R. (2003). *¿QUÉ ES UNA POLÍTICA PÚBLICA?* Obtenido de [https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4\\_uibd.nsf/8122BC01AACC9C6505257E3400731431/\\$FILE/QU%3%89\\_ES\\_UNA\\_POL%3%8DTICA\\_P%3%9ABLICA.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/8122BC01AACC9C6505257E3400731431/$FILE/QU%3%89_ES_UNA_POL%3%8DTICA_P%3%9ABLICA.pdf)
- Mai, X., & Zhu, S. (29 de Abril de 2019). *A review of using reflective pavement materials as mitigation tactics to counter the effects of urban heat island*. Obtenido de Springer: file:///C:/Users/usuario/Documents/8vo%20semestre%20TESIS/TESIS%202021/Tesis%20e

%20investigaciones%20de%20ICU/A%20review%20of%20using%20reflective%20pavement%20materials%20(Albedo).pdf

Martínez, A. T. (1990). *Alteraciones climáticas por la urbanización en Xalapa, Ver.* Obtenido de <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/5077/19906P37.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Méndez, C. C. (Abril de 2007). *Isla de calor en Toluca, México.* Obtenido de <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/38144/7150-73-22572-1-10-20171013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Metepéc, A. d. (2016). *Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Metepéc.* Obtenido de [http://seduv.edomexico.gob.mx/planes\\_municipales/metepec/PMDUMet.pdf](http://seduv.edomexico.gob.mx/planes_municipales/metepec/PMDUMet.pdf)

México, G. d. (2012). *Plan Estatal de Desarrollo (2012 - 2017).* Obtenido de <https://legislacion.edomex.gob.mx/sites/legislacion.edomex.gob.mx/files/files/pdf/gct/2012/mar133.PDF>

México, G. d. (2013). *Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático del Estado de México (2013)* . Obtenido de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/170325/2013\\_edomex\\_peacc.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/170325/2013_edomex_peacc.pdf)

México, G. d. (2017). *Plan Estatal de Desarrollo (2017 . 2023).* Obtenido de <https://edomex.gob.mx/sites/edomex.gob.mx/files/files/PDEM20172023.pdf>

MITECO. (2020). *Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.* Obtenido de El cambio climático: <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/cumbre-cambio-climatico-cop21/el-cambio-climatico/>

Nacional, S. M. (2022). *Normales Climatológica por Estado: Estado de México.* Obtenido de <https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=mex>

NATURALES, S. D. (2013). *Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2013 - 2018).* Obtenido de [http://igh.com.mx/programa\\_hidrico\\_chiapas/documentos/Informacion/Programa%20Sectorial%20de%20Recursos%20Naturales%20y%20Medio%20Ambiente%20\(2013-2018\).pdf](http://igh.com.mx/programa_hidrico_chiapas/documentos/Informacion/Programa%20Sectorial%20de%20Recursos%20Naturales%20y%20Medio%20Ambiente%20(2013-2018).pdf)

Noa, A. E. (3 de Febrero de 2018). *Utilization of urban spaces and the development of small and medium enterprises in the city of Machala.* Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2218-36202018000200149](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202018000200149)

Oke, T. R. (2017). *Urban Climate.* Obtenido de Cambridge University Press: [https://aerisfuturo.pl/wp-content/uploads/2018/09/Urban\\_Climates-1.pdf](https://aerisfuturo.pl/wp-content/uploads/2018/09/Urban_Climates-1.pdf)

Ostos, E. J. (1977). *Islas de Calos en Toluca, Mex.* Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n9/n9a2.pdf>

Ostos, E. J. (1992). *La Isla de calor urbano de la Ciudad de México a finales del siglo XIX.* Obtenido de



<http://www.investigacionesgeograficas.unam.mx/index.php/rig/article/view/59016/52003>

- Ostos, E. J. (1995). *Algunas Alteraciones de largo periodo del clima de la Ciudad de México dedidas a la urbanización*. Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n31/n31a1.pdf>
- Ostos, E. J. (2005). *La isla de calor urbano de la Ciudad de México a finales del siglo xix*. Obtenido de [http://www.igeograf.unam.mx/Geodig/antologia/index.html/pdf/15\\_jauregui.pdf](http://www.igeograf.unam.mx/Geodig/antologia/index.html/pdf/15_jauregui.pdf)
- Ostos, E. J. (2012). *LA CLIMATOLOGÍA URBANA EN LOS TRÓPICOS*. Obtenido de <https://www.ugm.org.mx/publicaciones/geos/pdf/geos02-2/CAC02-2.pdf>
- PACCM. (2014). *Programa de Acción Climática 2014 - 2020*. Obtenido de <file:///C:/Users/usuario/Documents/8vo%20semestre%20TESIS/TESIS%202021/Programas/CDMX/Programa%20de%20Acci%C3%B3n%20Clim%C3%A1tica%20de%20CDMX%202014%20-%202020.pdf>
- Pavón, J. D. (2000). *La atmósfera, el tiempo y el clima*. Obtenido de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/005192/medioambiente/cap3partel.pdf>
- Pérez, C. A. (2012). *Islas de calor urbano en Tampico, México. Impacto del microclima a la calidad del hábitat*. Obtenido de Revista Electrónica Nova Scientia: <file:///C:/Users/Naomi/Downloads/Dialnet-IslasDeCalorUrbanoEnTampicoMexico-5232166.pdf>
- Quiñones, U. M. (Septiembre de 2022). *Islas de calor urbanas: un fenómeno poco estudiado en México*.
- Ramírez, R. G. (2000). *CONDICIONES ATMOSFÉRICAS, COMPORTAMIENTO DE LA DISTRIBUCIÓN PLUVIOMÉTRICA Y SUS EFECTOS EN LA AGRICULTURA DE TEMPORAL DURANTE 1996 Y 1997 EN LA MESA CENTRAL DE GUANAJUATO, MÉXICO*. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/328067296.pdf>
- Rodríguez, R. S. (Diciembre de 2013). *Respuestas urbanas al Cambio Climático en America Latina*. Obtenido de CEPAL.
- Rojas, L. R. (2016). *Revista Análisis Económico*. Obtenido de Evolución y cambio industrial en las Zonas Metropolitanas del Valle de México y de Toluca, 1993-2008: <https://www.redalyc.org/pdf/413/41345703006.pdf>
- Romero, J. C. (2018). *Distribución de áreas verdes y bienestar socio ambiental. Un estudio en la Ciudad de .* Obtenido de [http://cmas.siu.buap.mx/portal\\_pprd/work/sites/rlac/resources/LocalContent/86/2/9\(21\)-63.pdf](http://cmas.siu.buap.mx/portal_pprd/work/sites/rlac/resources/LocalContent/86/2/9(21)-63.pdf)
- Salinas, E. S. (2011). *COntainación urbana del aire*. Obtenido de [https://www.uaem.mx/dgds/files/libros/2014\\_LIBRO\\_CONTAMINACI%C3%93N%20URBANA%20DEL%20AIRE.%20ASPECTOS%20FISICOQU%C3%8DMICOS%2C%20MICROBIOL%C3%93GICOS%20Y%20SOCIALES.pdf](https://www.uaem.mx/dgds/files/libros/2014_LIBRO_CONTAMINACI%C3%93N%20URBANA%20DEL%20AIRE.%20ASPECTOS%20FISICOQU%C3%8DMICOS%2C%20MICROBIOL%C3%93GICOS%20Y%20SOCIALES.pdf)

- Sedema. (Julio de 2015). *Red de Parques y Bosques Urbanos*. Obtenido de <https://www.sema.gob.mx/SRN-CON-REDPARQUES-INDEX.html>
- SEDUVI. (s.f.). *LINEAMIENTOS PARA EL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE PARQUES PUBLICOS DE BOLSILLO*. Obtenido de <https://www.seduvi.cdmx.gob.mx/storage/app/uploads/public/5f1/b18/45a/5f1b1845a5dc8144508643.pdf>
- SEIM. (s.f.). *Descriptiva de cada zona metropolitana*. Obtenido de Sistema Estatal de Información Metropolitana (SEIM): <http://plataforma.seduym.edomex.gob.mx/SIGZonasMetropolitanas/PEIM/descriptiva.do>
- SEMARNAT. (6 de Junio de 2013). *Diario Oficial de la Federación*. Obtenido de [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5301093&fecha=03/06/2013#:~:text=L+a%20Estrategia%20Nacional%20de%20Cambio%20Clim%C3%A1tico%20\(ENCC\)%20es%20el%20instrumento,bajas%20emisiones%20de%20carbono12](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5301093&fecha=03/06/2013#:~:text=L+a%20Estrategia%20Nacional%20de%20Cambio%20Clim%C3%A1tico%20(ENCC)%20es%20el%20instrumento,bajas%20emisiones%20de%20carbono12).
- SEMARNAT. (2014). *Atmósfera y Cambio Climático*. Obtenido de [https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe\\_resumen14/05\\_atmosfera/5\\_2\\_3.html](https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_resumen14/05_atmosfera/5_2_3.html)
- SEMARNAT. (2015). *Atmósfera*. Obtenido de Informe de la Situación del Medio Ambiente en México: [https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe15/tema/pdf/Cap5\\_atmosfera.pdf](https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe15/tema/pdf/Cap5_atmosfera.pdf)
- SEMARNAT. (22 de Marzo de 2019). *Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes Criterio INEM*. Obtenido de <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/inventario-nacional-de-emisiones-de-contaminantes-criterio-inem>
- Sierra, E. R. (Julio de 2013). *El concepto de estrategia como fundamento de la planeación estratégica*. Obtenido de Redalyc: <https://www.redalyc.org/pdf/646/64629832007.pdf>
- SISDHIM. (2005). *INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES*. Obtenido de Atlas Climatológico de Colombia.: [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ambientales/Sima/Temperatura\\_minima13.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ambientales/Sima/Temperatura_minima13.pdf)
- Taha, H. (1997). *Urban climates and heat islands: albedo, evapotranspiration, and anthropogenic heat*. Obtenido de Energy and Buildings : <file:///C:/Users/usuario/Documents/8vo%20semestre%20TESIS/TESIS%202021/Tesis%20%20investigaciones%20de%20ICU/Urban%20climates%20and%20heat%20islands%20-%20albedo%20&%20evapotranspiration.pdf>
- U. Berardi, A. G. (Febrero de 2014). *State of the art analysis of the enviromental benefits of green roofs*.
- WWF. (2020). *Nuestro planeta se calienta*. Obtenido de <https://www.worldwildlife.org/descubre-wwf/historias/nuestro-planeta-se-calienta>

Zavaleta-Palacios, M. (2020). *Urbanización y su relación con la isla de calor en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas*. Obtenido de SciELO:  
[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-90282020000200107](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-90282020000200107)

## ANEXOS

### 1. Temperaturas máximas y mínimas en Calimaya

Media Máxima Mensual												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2010	20.6	20.7	26.5	26.4	28.0	25.8	22.3	22.6	23.1	23.3	23.9	23.6
2011	20.7	25.4	26.9	27.8	28.4	24.3	21.7	22.7	23.0	22.6	21.7	23.1
2012	21.1	18.9	24.3	25.2	26.6	23.0	20.7	21.8	22.4	23.0	21.9	23.9
2013	21.3	25.3	21.2	28.2	27.1	23.5	22.5	22.1	20.6	22.6	22.4	21.8
2014	20.2	25.0	26.7	27.0	24.6	23.5	22.5	23.0	23.3	23.8	20.5	17.3
2015	18.5	17.8	19.4	22.8	22.0	20.6	20.0	20.3	19.8	21.1	20.2	19.2
2016	17.7	22.0	21.5	24.4	24.5	21.4	21.1	19.9	20.0	20.9	18.2	18.9
2017							19.5	20.6	20.3	21.0	22.2	20.5
2018	19.0	19.6	23.0	22.9	23.9	20.6						
2019												

Media Mínima Mensual												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2010	0.4	1.0	3.0	3.0	5.4	7.0	8.7	7.3	7.5	2.7	-1.0	-2.0
2011	-1.7	-0.7	2.0	4.5	6.5	6.6	8.5	6.3	4.9	2.9	0.0	0.7
2012	-1.2	2.5	2.8	2.8	5.1	6.7	6.5	7.1	5.6	2.8	2.6	-0.2
2013	0.0	0.8	1.1	4.9	5.5	6.5	6.5	8.1	7.9	5.4	3.0	1.4
2014	-0.8	1.4	2.6	4.5	5.2	8.0	6.2	5.6	6.5	4.8	3.2	0.8
2015	1.0	0.7	3.9	5.3	6.3	6.5	6.7	6.3	7.0	5.2	5.7	2.8
2016	-0.6	1.8	3.4	6.3	6.8	6.9	7.0	7.7	6.7	5.0	3.1	2.4
2017							7.2	8.0	7.7	5.0	4.2	3.3

2018	2.4	3.3	4.0	4.7	6.7	7.2						
2019												

## 2. Temperaturas máximas y mínimas en Toluca

Media Máxima Mensual												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2010	18.2	18.7	22.0	23.4	25.6	23.5	19.5	20.5	20.2	21.0	20.9	19.5
2011	19.7	21.6	23.7	26.1	26.5	21.6	18.9	20.0	20.4	20.5	20.7	21.5
2012	19.8	18.1	22.5	23.1	24.4	22.1	19.6	19.9	21.4	21.7	20.6	21.5
2013	20.0	22.5	22.4	25.4	23.9	20.8	20.4	21.0	19.5	20.7	20.3	20.4
2014	20.0	21.9	26.2	26.0	21.8	20.3	20.6	23.1	21.3	21.3	23.0	21.5
2015	21.1	22.0	23.8	25.1	25.2	25.0	21.7	21.5	20.4	21.3	21.8	21.7
2016	20.6	21.8	21.0	25.5	25.6	20.9	19.8	21.0	20.9	21.5	20.6	20.9
2017	21.2	21.4	21.3	22.1	23.1	23.8	21.1	21.9	20.3	22	24.0	24.0
2018	21.4	21.9	26.3	24.5	22.6	24	20.0	21.5	19.8	21.5	19.5	19.3
2019	20.9	24.0	25.2	23.0	24.3	22.2	18.9	19.9	20.4	20.4	25.3	25.1

Media Mínima Mensual												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2010	0.0	0.8	2.6	4.0	6.0	8.9	9.7	8.9	8.6	2.8	0.8	0.5
2011	0.3	1.3	2.7	5.7	7.3	9.0	9.0	8.0	6.9	3.3	3.4	0.1
2012	0.2	3.6	3.1	3.3	5.6	8.1	9.0	8.9	7.8	3.9	1.9	-2.8
2013	-0.2	-0.1	2.0	4.8	5.9	6.9	8.0	6.6	8.3	5.9	5.2	2.0
2014	-1.2	1.1	4.5	5.8	5.8	7.7	7.3	6.4	6.4	5.3	2.8	3.2
2015	-2.1	0.6	4.4	4.9	5.8	5.3	6.2	6.4	6.3	4.7	4.6	3.1
2016	0.4	2.0	3.1	6.1	6.7	7.5	7.2	6.5	7.0	5.1	3.5	0.6
2017	-2.4	1.1	5.0	4.1	6.3	5.8	6.7	6.9	6.9	-0.3	-0.3	-0.4

2018	-2.5	1.1	4.6	5.7	6.0	7	-1.3	7.3	9.4	7.1	1.0	1.0
2019	0.3	2.9	4.3	3.3	5.7	7.8	9.0	8.0	6.9	5.6	5.7	4.8

### 3. Temperaturas medias máximas y mínimas en Zinacantepec

Media Máxima Mensual												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2010	18.4	19.5	24.2	24.8	26.8	24.6	21.1	22.4	21.9	22.6	22.7	20.5
2011	22.1	23.4	25.2	26.3	26.5	23.7	21.0	22.1	22.0	22.1	21.5	22.0
2012	20.2	19.7	23.8	25.2	25.9	22.9	21.1	21.3	22.2	23.5	20.6	22.2
2013	21.0	24.7	23.1	26.4	25.9	23.9	22.2	22.2	21.4	22.4	21.3	21.4
2014	20.3	24.1	25.4	25.8	23.5	22.3	22.7	22.8	22.5	22.5	21.8	21.0
2015	21.3	21.9	21.8	25.2	24.2	23.3	23.1	23.1	22.0	22.8	23.6	22.4
2016	20.1	23.9	23.2	26.9	26.9	22.7	23.0	23.6	23.0	23.1	21.4	22.6
2017	23.1	24.1	24.4	25.8	26.8	25.3	23.1	23.3	23.1	22.7	24.1	23.0
2018	21.8	24.2	26.5	25.5	25.8	23.21	23.7	22.9	23.2	22.4	21.0	21.4
2019	21.9	24.8	26.1	26.7	28.1	24.4	23.2	24.2	23.2	23.1	22.7	22.7

Media Mínima Mensual												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2010	1.2	1.3	2.0	3.4	6.0	8.0	9.5	9.0	8.8	3.1	-0.6	-3.2
2011	-1.3	0.8	1.5	5.3	6.8	7.6	8.9	8.3	6.6	3.3	2.2	-0.5
2012	0.0	2.9	2.5	3.5	6.1	7.9	8.4	8.7	7.8	4.3	2.1	-0.4
2013	0.7	0.7	2.0	4.7	6.3	8.1	8.1	8.2	8.9	6.9	3.9	1.4
2014	-0.4	1.1	2.8	5.5	7.1	8.9	7.7	7.6	8.5	6.0	3.0	1.2
2015	1.2	1.5	3.7	5.7	6.9	8.9	7.6	7.2	8.6	6.9	4.3	2.2
2016	0.3	0.9	3.5	5.9	7.5	8.0	8.4	8.4	8.5	5.5	3.5	2.2

2017	-1.4	0.0	2.9	3.8	7.5	8.1	8.2	9.0	8.7	6.4	0.3	-1.0
2018	-1.1	1.8	2.9	4.8	7.0	8.8	7.0	8.7	8.4	7.9	2.8	0.3
2019	0.0	2.0	3.3	4.3	6.6	8.9	7.8	8.3	8.0	8.5	5.2	1.0