Universidad Autónoma del Estado de México
Trabajo Terminal de Grado

Control de islas de calor en zonas urbanas.

Caso de estudio: Metepec, Estado de México

Que presenta:
L. C. A. Maritza Reyes Escobedo

Para obtener el grado de Maestra en:
Estudios Sustentables Regionales y Metropolitanos

Director:
Dr. Jesús Aguiluz León

Tutores adjuntos:

Dr. Roy Estrada Olivella
Dr. Ricardo Farfán Escalera











Toluca, México, 2023.

Índice

Planteamiento del problema 13
Justificación 15
Preguntas de investigación 16
Objetivos de la investigación 18
Hipótesis 19
Alcance 19
Capítulo 1. Marco teórico-metodológico 21
1.1. La sustentabilidad y sus elementos 23
1.1.1. Perspectivas de la sustentabilidad 23
1.1.2. Esferas de la sustentabilidad 24
1.1.3. Actores de la sustentabilidad 25
1.1.4. Sustentabilidad y el cambio climático 29
1.2. Ciudades y la transformación territorial 30
1.2.1. Composición y diseño urbano 33
1.2.2. Morfología urbana 35
1.2.3. Criterios para el Diseño bioclimático urbano 43
1.3. Cambio climático: consecuencias y adaptaciones 50
1.3.1. Las ciudades ante el cambio climático 52
1.3.2. Problemas ambientales urbanos 54
1.3.3. Contaminación atmosférica urbana 58
1.3.4. El fenómeno Isla de Calor Urbano (Urban Heat Island) 62
1.3.5. Vegetación urbana 65
1.4. Metodología 68
1.4.1. El método hipotético-deductivo de Karl Popper 69
1.4.2. Metodología para la caracterización del componente biofísico 71
1.4.3. Metodología para la caracterización demográfica 72
1.4.4. Metodología para la caracterización socioeconómica 73
1.4.5. Caracterización del medio físico artificial 74
Conclusiones 77
Capítulo 2. Marco legal y normativo 78
2.1.1. Legislación internacional 80
2.1.1. Alianzas para la Acción Climática 80

2.1.2. Cumbres para la protección del medio ambiente 85
2.1.3. Estrategias 88
2.1.4. Convenciones 92
2.1.5. Convenios 95
2.2. Legislación nacional 96
2.2.1. Leyes 96
2.2.2. Reglamentos 104
2.2.3. Normas Oficiales Mexicanas 106
2.2.4. Normas Mexicanas 119
2.3. Legislación estatal 120
2.3.1. Leyes 120
2.3.2. Libros 123
2.3.3. Reglamentos 124
2.3.4. Planes 125
2.3.5. Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático 128
2.4. Legislación municipal 129
2.4.1. Plan de Desarrollo Municipal de Metepec 2022-2024 129
2.4.2. Plan municipal de Desarrollo Urbano Metepec 131
2.4.3. Bando municipal 133
2.4.4. Plan Regional de Desarrollo Urbano del Valle de Toluca 135
2.4.5. Código de Reglamentación Municipal de Metepec, Estado de México 137
2.4.6. Manual de vegetación urbana 143
Conclusiones 147
Capítulo 3. Marco referencial 149
3.1. Caso internacional 151
3.1.1. Corredores de ventilación urbana 151
3.1.2. Planeación del corredor de ventilación 152
3.1.2.1. Metodología para la planeación del corredor de ventilación urbana 154
3.1.2.2. Resultados de la planeación del corredor de ventilación urbana 155
3.1.3. Evaluación del desempeño del corredor de ventilación urbana 163
3.1.3.1. Resultados de la evaluación de desempeño del corredor de ventilación urbana 165
3.2. Caso internacional-nacional 169
3.2.1. Espacios azules en la ciudad 169

3.3.2. Ventajas de los espacios azules urbanos 170
3.3.3. Metodología 170
3.3.4. Resultados 172
3.3. Caso nacional 174
3.3.1. Vegetación urbana como regulador de temperatura 174
3.3.1.1. Metodología 175
3.3.1.2. Resultados 177
3.3.2. Techos fríos 180
3.3.2.1. Antecedentes 181
3.3.2.2. Metodología 181
3.3.2.3. Resultados 184
Conclusiones 186
Capítulo 4. Marco contextual 189
4.1. Caracterización biofísica 191
4.1.1. Localización 192
4.1.2. Hidrología 193
4.1.2. Climas 198
4.1.4. Geología 203
4.1.5. Edafología 204
4.1.6. Uso de suelo 206
4.1.7. Flora y fauna 207
4.2. Caracterización demográfica 208
4.2.1. Organización territorial 208
4.2.2. Descripción y estructura de la población 209
4.2.3. Centros de población 212
4.3. Caracterización socioeconómica 216
4.3.1. Población Económicamente Activa y No Económicamente Activa 216
4.3.2. Población Ocupada por sector de actividad 216
4.3.3. Ingreso 218
4.3.4. Producción económica 220
4.4. Medio físico artificial 221
4.4.1. Equipamiento urbano 221
4.4.2. Diagnóstico de las islas de calor 224

4.4.3. Percepción de la población ante las islas de calor 231
4.4.4. Aportaciones interdisciplinarias en materia de sustentabilidad 235
Conclusiones 244
Capítulo 5. Propuesta de solución 246
5.1. Selección de los corredores de ventilación urbana 248
5.2. Descripción de los corredores de ventilación urbana 251
Conclusiones 265
Capítulo 6. Conclusiones 267
Fuentes de consulta 274
Bibliografía 275
Fuentes Oficiales 285
Mesografía 288
Material digital 295
Anexos 296
Apartado 1. Marco legal 297
Apartado 2. Localidades de Metepec 308
Apartado 3. Instrumentos de investigación 352
Apartado 4. Anexo fotográfico 354
Apartado 5. Propuesta de solución 360
Propuesta para techos reflectivos. 360
Propuesta de paleta vegetal. Especies arbóreas 361
Propuesta de paleta vegetal. Especies arbustivas 370

Tablas

Tabla 1 Componentes de planeación territorial 31
Tabla 2 Ventajas y desventajas del sistema Lineal 36
Tabla 3 Ventajas y desventajas del sistema concéntrico o radial 37
Tabla 4 Ventajas y desventajas del sistema irregular o plato roto 39
Tabla 5 Ventajas y desventajas del sistema malla o retícula 40
Tabla 6 Ventajas y desventajas del sistema de grandes ejes 41
Tabla 7 Ventajas y desventajas de los cinturones verdes 43
Tabla 8 Entregas del IPCC 58
Tabla 9 Fuentes de contaminación atmosférica 59
Tabla 10 Causas de las islas de calor urbano 64

Tabla 11 Clasificación de las vialidades en la ciudad 66
Tabla 12 Clasificación de parques y jardines en la ciudad 67
Tabla 13 Método para determinar la LST 75
Tabla 14 Artículos de la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano 97
Tabla 15 Artículos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente 98
Tabla 16 Artículos de la Ley General de Cambio Climático 100
Tabla 17 Artículos de la Ley General de la Calidad de Aire y Protección a la Atmósfera 102
Tabla 18 Artículos de la Ley General de Movilidad y Seguridad vial 103
Tabla 19 Artículos de la Ley General de la Salud 104
Tabla 20 Artículos del Reglamento de la LGEEPA 105
Tabla 21 Límites Máximos Permisibles de Emisión del Método Dinámico 111
Tabla 22 Límites Máximos Permisibles de Emisión del Método Estático 112
Tabla 23 Establecimientos de la NOM-042-SEMARNAT-2003 113
Tabla 24 Niveles máximos permisibles de opacidad del humo 114
Tabla 25 Niveles máximos permisibles de emisión 114
Tabla 26 Límites máximos permisibles de emisión para vehículos peso bruto mayor de 3,857 y hasta 6,350 kilogramos. 117
Tabla 27 Límites máximos permisibles de emisión de motores para vehículos automotores con peso bruto vehicular mayor a 6 350 kilogramos 118
Tabla 28 Límites máximos permisibles de emisión de motores que emplean gas natural como combustible 118
Tabla 29 Límites máximos permisibles de emisión de Vehículos Automotores Completos con peso bruto vehicular mayor de 3,857 y hasta 6,356 kilogramos 118
Tabla 30 Artículos de la Ley de Desarrollo sustentable y Protección al Ambiente del Estado de México 121
Tabla 31 Artículos de la Ley de cambio climático del Estado de México 122
Tabla 32 Artículos del Libro Quinto del Código Administrativo del Estado de México 123
Tabla 33 Artículos del Reglamento del Libro Quinto del Código Administrativo del Estado de México 125
Tabla 34 Plan de Desarrollo del Estado de México 2017-2023 126
Tabla 35 Criterios de planeación municipal del Plan Estatal de Desarrollo Urbano 2019 127
Tabla 36 Niveles de centralidades en el municipio de Metepec 129
Tabla 37 Clasificación territorial del municipio de Metepec 130
Tabla 38 Apartados del Plan municipal de Desarrollo Urbano Metepec 132
Tabla 39 Apartados del Bando Municipal 133
Tabla 40 Zonificación del municipio de Metepec 137
Tabla 41 Colores propuestos para los barrios tradicionales 139
Tabla 42 Características de los corredores de ventilación urbana 153
Tabla 43 Indicadores de desarrollo de la ciudad de Bristol y México 171
Tabla 44 Ermitancia térmica de materiales para techos 184
Tabla 45 Temperatura superficial máxima y el flujo de calor para las ciudades analizadas. 185
Tabla 46 Estrategias efectivas para mitigar el efecto de las islas de calor urbano 188
Tabla 47 Características físicas de la Cuenca Lerma-Santiago. 194
Tabla 48 Temperatura mínima 198

Tabla 49 Temperatura máxima 199
Tabla 50 Temperatura media. 199
Tabla 51 Precipitación total mensual 200
Tabla 52 Clasificación climática de Köppen 202
Tabla 53 Geología de Metepec 203
Tabla 54 Edafología de Metepec 206
Tabla 55 Uso de suelo de Metepec. 207
Tabla 56 Organización territorial de Metepec 209
Tabla 57 Densidad de población en Metepec 2010-2020 209
Tabla 58 Población del municipio de Metepec 1990-2020. 210
Tabla 59 Proyecciones de población 2020-2030. 211
Tabla 60 Porcentaje del grado de urbanización de Metepec 2010-2020 212
Tabla 61 Histórico de las localidades de Metepec 212
Tabla 62 Localidades de la cuenca por municipio 215
Tabla 63 PEA y PNEA de Metepec. 216
Tabla 64 Población ocupada en Metepec 2005-2020 217
Tabla 65 Población ocupada por actividad económica en Metepec 2005-2020. 218
Tabla 66 Evaluación de Ingresos del Municipio de Metepec 219
Tabla 67 Equipamiento de educación 221
Tabla 68 Equipamiento deportivo de Metepec. 223
Tabla 69 Isla de calor (julio de 2002) 225
Tabla 70 Isla de calor (enero de 2003) 226
Tabla 71 Isla de calor Isla de calor (julio de 2012) 227
Tabla 72 Isla de calor Isla de calor (diciembre de 2012) 228
Tabla 73 Isla de calor Isla de calor (julio de 2022) 229
Tabla 74 Isla de calor (diciembre de 2022) 230
Tabla 75 Áreas de conocimiento encuestadas. 237
Tabla 76 Semestre cursado por los encuestados 237
Tabla 77 Importancia de la sustentabilidad: área de Economía 240
Tabla 78 Importancia de la sustentabilidad: área de Investigación 240
Tabla 79 Importancia de la sustentabilidad: área de Diseño 241
Tabla 80 Importancia de la sustentabilidad: área de Legislación 241
Tabla 81 Aportaciones interdisciplinarias: área de Ingeniería 242
Tabla 82 Aportaciones interdisciplinarias: área de Economía 243
Tabla 83 Aportaciones interdisciplinarias: área de Ciencias Sociales 243
Tabla 84 Aportaciones interdisciplinarias: área de Ciencias Naturales 243
Tabla 85 Aportaciones interdisciplinarias: área de Arte y Diseño 244
Tabla 86 Aportaciones interdisciplinarias: área de Ciencias de la salud 244
Tabla 87 Descripción del Corredor A- Pino Suárez 252
Tabla 88 Descripción del Corredor B- Avenida Tecnológico 258
Tabla 89 Descripción del Corredor C- Avenida Estado de México 262

Figuras

Figura 1 Morfología urbana: sistema lineal 35
Figura 2 Morfología urbana: sistema concéntrico o radial 37
Figura 3 Morfología urbana: sistema irregular o plato roto 38
Figura 4 Morfología urbana: sistema de malla o retícula 39
Figura 5 Morfología urbana: sistema de grandes ejes 41
Figura 6 Morfología urbana: cinturones verdes 42
Figura 7 Criterios bioclimáticos: orientación de calles 45
Figura 8 Criterios bioclimáticos: orientación de las viviendas 46
Figura 9 Criterios bioclimáticos: proporción del lote 46
Figura 10 Criterios bioclimáticos: sembrado de las viviendas 47
Figura 11 Criterios bioclimáticos: forma de las viviendas 47
Figura 12 Criterios bioclimáticos: ventanas y muros 48
Figura 13 Criterios bioclimáticos: andadores peatonales 48
Figura 14 Criterios bioclimáticos: secciones viales 49
Figura 15 Criterios bioclimáticos: vientos 49
Figura 16 Criterios bioclimáticos: espacios urbanos 50
Figura 17 Distribución LST 07-05-2017 155
Figura 18 Distribución LST 10-07-2017 156
Figura 19 Distribución LST 30-10-2017 156
Figura 20 Distribución LST 17-12-2017 157
Figura 21 Determinación del espacio de acción y compensación en Kaifeng 157
Figura 22 Densidad de construcción de Kaifeng 158
Figura 23 Longitud de carreteras de Kaifeng 159
Figura 24 Longitud de los cuerpos de agua de Kaifeng 159
Figura 25 Cobertura vegetal de Kaifeng 160
Figura 26 Viento en verano de Kaifeng (junio, julio y agosto) 161
Figura 27 Dirección dominante del viento en invierno (diciembre, enero y febrero) 161
Figura 28 Área de origen de los corredores de ventilación ecológica en Kaifeng. 162
Figura 29 Distribución espacial de NDVI y M-NDWI 166
Figura 30 Distribución de pasillos de ventilación por LCP 167
Figura 31 Distribución de la intensidad del efecto isla de calor 168
Figura 32 Relación entre la temperatura mínima media mensual (Tmin) y fracción de superficie permeable (PSF) 178
Figura 33 Serie temporal horaria para (a) isla de calor urbana (UHI) intensidad de la temperatura mínima media mensual. 179
Figura 34 Modelo físico del techo compuesto 182
Figura 35 Comparación de las isotermas para una losa compuesta. 183

Diagramas

Diagrama 1 Metodología para determinar la LST. 75

Fórmulas

Fórmula 1 intensidad de la isla de calor 165
Fórmula 2 Regresión lineal (LR) para evaluar el incremento anual de las temperaturas mínimas y máximas 177
Fórmula 3 Regresión lineal para explorar la relación entre el UHI y la diferencia entre la fracción de superficie permeable 177
Fórmula 4 Conducción de calor para la losa bidimensional 182
Fórmula 5 Conductividad térmica 184

Mapas

Mapa 1 Localización de Metepec 192
Mapa 2 Cuenca Lerma-Santiago 194
Mapa 3 Orden de causes de la cuenca Lerma-Santiago. 196
Mapa 4 Hidrología de Metepec 197
Mapa 5. Temperatura media anual de Metepec 200
Mapa 6 Precipitación media mensual de Metepec 201
Mapa 7 Geología de Metepec 203
Mapa 8 Edafología de Metepec 205
Mapa 9 Uso de suelo de Metepec 206
Mapa 10 Densidad poblacional de Metepec 214
Mapa 11 Productos agrícolas en Metepec 220
Mapa 12 Isla de calor urbano (julio de 2002) 225
Mapa 13 Isla de calor urbano (enero de 2003) 226
Mapa 14 Isla de calor urbano (julio de 2012) 227
Mapa 15 Isla de calor urbano (diciembre de 2012) 228
Mapa 16 Isla de calor Isla de calor (julio de 2022) 229
Mapa 17 Isla de calor Isla de calor (diciembre de 2022) 230
Mapa 18 Corredores de ventilación urbana en verano 249
Mapa 19 Corredores de ventilación urbana en invierno 249
Mapa 20 Corredores de ventilación urbana 250
Mapa 21 Corredor A- Pino Suárez 251
Mapa 22 Corredor B- Avenida Tecnológico 257
Mapa 23 Corredor C- Avenida Estado de México 262
Mapa 24 Morfología urbana. Residencial Campestre Metepec 309
Mapa 25 Morfología urbana. El Arenal 311
Mapa 26 Morfología urbana. Residencial Foresta 313
Mapa 27 Morfología urbana. Hacienda San Antonio 315
Mapa 28 Morfología urbana. Condado del Valle 317
Mapa 29 Colonia Agrícola Álvaro Obregón 319
Mapa 30 Morfología urbana. Las Minas 321
Mapa 31 Morfología urbana. Barrio de la Asunción 323

Mapa 32 Morfología urbana. Barrio Santiaguito 325
Mapa 33 Morfología urbana. San Bartolomé Tlaltelulco 327
Mapa 34 Morfología urbana. San Francisco Coaxusco 329
Mapa 35 Morfología urbana. San Gaspar Tlahuelilpan 331
Mapa 36 Morfología urbana. San Jerónimo Chicahualco 333
Mapa 37 Morfología urbana. San Jorge Pueblo Nuevo 335
Mapa 38 Morfología urbana. San Lorenzo Coacalco (San Lorenzo) 337
Mapa 39 Morfología urbana. San Lucas Tunco 339
Mapa 40 Morfología urbana. San Miguel Totocuitlapilco 341
Mapa 41 Morfología urbana. San Salvador Tizatlalli 343
Mapa 42 Morfología urbana. San Sebastián 345
Mapa 43 Morfología urbana. Santa María Magdalena Ocotitlán 347
Mapa 44 Morfología urbana. Colonia Llano Grande 349
Mapa 45 Morfología urbana. Metepec 351

Gráficos

Gráfico 1 Crecimiento poblacional de Metepec 1990-2020 211
Gráfico 2 Percepción del cambio en el microclima de Metepec 233
Gráfico 3 Afecciones a la salud por exposición prolongada a altas temperaturas 233
Gráfico 4 Percepción sobre el uso de sistemas de aire acondicionado 234
Gráfico 5 Percepción sobre el incremento en el consumo de energía eléctrica 234
Gráfico 6 Sistemas para confort térmico con mayor demanda en el futuro 235
Gráfico 7 Satisfacción de la demanda energética en el futuro 235
Gráfico 8 Inclusión de la sustentabilidad en el mapa curricular universitario 238
Gráfico 9 Nivel de enseñanza con que se imparte el tema de sustentabilidad 238
Gráfico 10 Pertinencia respecto al abordaje de la sustentabilidad en las universidades 239
Gráfico 11 Relación de la licenciatura con la sustentabilidad 239
Gráfico 12 Nivel de enseñanza con que se imparte el tema de sustentabilidad en las universidades 242

Cuadros

Cuadro 1 Medio natural y artificial: Residencial Campestre Metepec 308
Cuadro 2 Medio natural y artificial: El Arenal 310
Cuadro 3 Medio natural y artificial: Residencial Foresta 312
Cuadro 4 Medio natural y artificial: Hacienda San Antonio 314
Cuadro 5 Medio natural y artificial: Condado del Valle 316
Cuadro 6 Medio natural y artificial: Colonia Agrícola Álvaro Obregón 318
Cuadro 7 Medio natural y artificial: Las Minas 320
Cuadro 8 Medio natural y artificial: Barrio de la Asunción 322
Cuadro 9 Medio natural y artificial: Barrio Santiaguito 324
Cuadro 10 Medio natural y artificial: San Bartolomé Tlaltelulco 326
Cuadro 11 Medio natural y artificial: San Francisco Coaxusco 328

Cuadro 12 Medio natural y artificial: San Gaspar Tlahuelilpan 330
Cuadro 13 Medio natural y artificial: San Jerónimo Chicahualco 332
Cuadro 14 Medio natural y artificial: San Jorge Pueblo Nuevo 334
Cuadro 15 Medio natural y artificial: San Lorenzo Coacalco (San Lorenzo) 336
Cuadro 16 Medio natural y artificial: San Lucas Tunco (San Lucas) 338
Cuadro 17 Medio natural y artificial: San Miguel Totocuitlapilco 340
Cuadro 18 Medio natural y artificial: San Salvador Tizatlalli 342
Cuadro 19 Medio natural y artificial: San Sebastián 344
Cuadro 20 Medio natural y artificial: Santa María Magdalena Ocotitlán 346
Cuadro 21 Medio natural y artificial: Colonia Llano Grande (El Salitre) 348
Cuadro 22 Medio natural y artificial: Metepec 350
Cuadro 23 Propuesta para techos reflectivos 360

Fichas técnicas

Ficha técnica 1 Álamo temblón 361
Ficha técnica 2 Arce Negundo 362
Ficha técnica 3 Ciprés italiano 363
Ficha técnica 4 Ciprés de Arizona 364
Ficha técnica 5 Jacaranda 365
Ficha técnica 6 Junípero 366
Ficha técnica 7 Palmera Phoenix 367
Ficha técnica 8 Sauce llorón 368
Ficha técnica 9 Trueno 369
Ficha técnica 10 Bambú 370
Ficha técnica 11 Cotoneaster 371
Ficha técnica 12 Retama 372
Ficha técnica 13 Romero 373
Ficha técnica 14 Rosal 374
Ficha técnica 15 Viburno 375
Ficha técnica 16 Boj 376

Fotografías

Fotografía 1. El diseño urbano-arquitectónico 354
Fotografía 2. Vegetación urbana 354
Fotografía 3. Verificentro 355
Fotografía 4. Estacionamientos. 355
Fotografía 5. Vegetación Urbana. 356
Fotografía 6. Andador peatonal 356
Fotografía 7. Concentración del parque vehicular 357
Fotografía 8. Servicios ambientales 357
Fotografía 9. Caso contrario a los servicios ambientales 358
Fotografía 10. Estacionamientos y vegetación. 358

Fotografía 11. Ciudad 359
Fotografía 12. Los problemas de la mancha urbana. 359

Planteamiento del problema

El crecimiento de las ciudades se ha dado de forma dispersa y desorganizada, consecuencia de la búsqueda constante de satisfacción de necesidades básicas para sus habitantes, tales como vivienda, fuentes de empleo, educación, transporte y actividades lúdicas, dando prioridad al desarrollo económico, dejando de lado el desarrollo urbano con planeación previa, mismo que permite la mejora en la calidad de vida para las generaciones presentes y futuras, además de garantizar la habitabilidad en las ciudades.

Las modificaciones del paisaje urbano, cambios de uso de suelo en las ciudades y las actividades antropogénicas han trastocado el ambiente urbano, causando problemas como: contaminación del aire, alteración de sistemas hidrológicos a escala local y regional, cambios en los ciclos biogeoquímicos (Gill et al., 2007; Grimm et al., 2008), formación de islas de calor (Alcoforado y Andrade, 2008) y olas de calor (Campbell y Corvalán, 2007), cuyo origen puede ser natural o antropogénico relacionado con el clima, microclima y temperatura de las áreas en cuestión.

Las grandes edificaciones impiden el flujo de corrientes de aire de refrigeración a los puntos más cercanos a la superficie (Prashad, 2014), provocando la reducción en el transporte de aire convectivo vertical u horizontal, situación que produce incrementos de temperatura en determinados puntos de la ciudad, debido a las masas de aire que quedan atrapadas, dando lugar a la formación de islas de calor urbano, cuyos impactos se ven reflejados en el entorno urbano, además de tener impacto en la salud de los pobladores.

Los impactos a la salud y al entorno pueden ser variables, dependiendo el grado de intensidad de la isla de calor. De acuerdo con Santamouris et al. (2015), enlista impactos previamente registrados: malestar humano (golpes de calor), aumento del uso de energía, (lo que causa que se liberen más gases de efecto invernadero), costos más elevados a causa del mayor uso de agua y energía debido al uso de aparatos que

reduzcan la sensación de estrés térmico. Esto quiere decir, que ante una problemática emergente se requiere de soluciones que presenten resultados a corto plazo.

Dado que los problemas ambientales urbanos se han exacerbado con el paso del tiempo, el incremento histórico de temperaturas es un fenómeno que se encuentra en las situaciones más sobresalientes y preocupantes a las que nos enfrentamos. Este fenómeno tiene como consecuencia la disminución en el uso de calefacción (Tejeda et. al., 2022), y en algunos casos desaparecerá. Por otra parte, las necesidades de enfriamiento y refrigeración van en aumento. De acuerdo con investigaciones previas, Tejeda et. al., 2022, pag. 449, presenta esta conclusión:

Se espera que aumente el consumo de electricidad por enfriamiento en Mexicali, Reynosa-Río Bravo (en la frontera con Estados Unidos), Cancún, Villahermosa, y Veracruz (a orillas del Mar Caribe y el Golfo de México). Zonas urbanas como Toluca, Pachuca, Xalapa, San Luis Potosí y Puebla-Tlaxcala utilizaron poca o ninguna energía para refrigeración en la segunda década del siglo XXI, pero tendrá que hacerlo a mediados de siglo.

Entre los fenómenos de modificación de temperaturas en el entorno, sobresalen las islas de calor, debido a factores como cambio de uso de suelo, reducción de vegetación para establecer nuevos asentamientos humanos, la inclusión de zonas verdes puede considerarse poco rentable, ya que requiere de una importante inversión, explica Zepeda (2015). Con el crecimiento de las ciudades se agregan edificaciones de todo tipo: calles, avenidas, industria, además del acelerado aumento de población, hay mayor probabilidad de que se establezcan islas de calor.

Sin embrago, la formación de islas de calor no solo se debe a causas antropológicas, existen otros factores condicionantes para la formación de este fenómeno, por ejemplo: altura, elevación, densidad urbana, índice de vegetación, reflectividad, humedad, precipitación, distancia a ríos, trafico, inversiones térmicas que generalmente influyen en la dispersión de contaminantes y su concentración en el aire (Sinnathamby et.al., 2014),

es por ello que se requiere de una planeación previamente organizada para evitar futuros problemas ambientales graves .

Retomando las modificaciones que está atravesando el entorno, específicamente en zonas urbanas, sería viable analizar donde se encuentran las islas de calor urbano, tomando como muestra el municipio de Metepec, Estado de México, considerando sus características biofísicas, sociales y económicas para analizar las causas de este fenómeno, además de buscar alternativas para mitigar los posibles efectos adversos, además de buscar la reducción de temperatura en los puntos más cálidos detectados.

Justificación

Uno de los mayores retos que se enfrentan en el siglo XXI es la gestión adecuada de las zonas urbanas (Cárdenas, 2015). Para lograrlo, se considera la participación de gobiernos, empresas, grupos de arquitectos, urbanistas, científicos e ingenieros. Para diseñar las estrategias adecuadas para mitigar los efectos de la isla de calor, sería viable caracterizarla (Cárdenas, 2015), mediante un análisis de diversos elementos como: indicadores de actividad económica, comportamiento humano, patrones de movilidad y consumo de recursos para nuevos modelos de diseño urbano, para de esta manera incidir el designio de gobernantes o empresas, determinar las posibles causas del crecimiento desorganizado de la población, creando un diagnóstico basado en evidencias empíricas.

Las políticas de cada ciudad deben adecuarse a sus características, incluyendo ubicación geográfica, densidad poblacional, infraestructura, recursos, uso de suelo y sus problemas ambientales, por lo tanto, es importante recopilar la información del municipio de Metepec y realizar su respectiva caracterización, para de esta forma contar con un diagnóstico lo más actual posible para proponer e implementar soluciones óptimas de acuerdo a sus necesidades ante las problemáticas ambientales que presentan.

Respecto a las islas de calor, se han desarrollado estudios para el reconocimiento de este fenómeno, desde sus efectos adversos, hasta el diseño de medidas para revertir las problemáticas suscitadas, así como el desarrollo de políticas y programas que mitiguen o resuelvan dicha problemática (Akbari et. al. 2016). Algunos de los avances que se han logrado en el campo de la investigación han sido el desarrollo de materiales altamente reflectivos, techos fríos y verdes, pavimentos fríos, áreas verdes urbanas, así como el diseño de corredores de ventilación urbana.

En el presente estudio se analiza Metepec (municipio distinguido por su alta presencia comercial, zonas residenciales, además de ser pueblo mágico), con el fin de determinar las áreas donde hay presencia de islas de calor, los posibles elementos que favorecen su formación y cuáles son las medidas que se podrían considerar para reducir su impacto socio-ambiental. Además, se tiene como ventaja que cuenta con una Red Automática de Monitoreo Atmosférico, que permite tener un diagnóstico exacto respecto al nivel de contaminación atmosférica.

El proponer modelos de integración de áreas verdes u otras estrategias de diseño urbano-arquitectónico en la ciudad tiene como objetivo compensar el daño ambiental provocado por el proceso de desarrollo y expansión de la mancha urbana en el municipio de Metepec, además de buscar la mitigación de consecuencias adversas que pueda traer consigo la pérdida de vegetación, tanto ambientales como sociales, del tal forma se pueda lograr un desarrollo sustentable que garantice un medio ambiente sano y habitable.

Preguntas de investigación

Interrogante general

Frente al proceso de desarrollo y crecimiento urbano que experimenta el municipio de Metepec ¿se ha exacerbado la presencia de islas de calor urbano?

Interrogantes específicas

Capítulo 1. Marco teórico/metodológico

a) ¿Cuáles son los conceptos y teorías que abordan el tema de “islas de calor”?
b) ¿Cuáles son las estrategias urbano-arquitectónicas que podrían brindar una posible solución a la mitigación de efectos adversos que trae consigo el fenómeno de la isla de calor?

Capítulo 2. Marco legal y normativo

a) ¿Cuáles son las leyes, normas, planos y reglamentos que regulan/controlan el microclima de las ciudades?
b) ¿Cuáles son las leyes, normas, planos y reglamentos que regulan los parámetros para el crecimiento urbano sustentable?

Capítulo 3. Análisis del marco referencial (Casos de éxito)

a) ¿Cuáles son los casos de éxito a nivel internacional, nacional y local en materia de control o mitigación de los efectos adversos de las islas de calor?
b) ¿En qué elementos de las ciudades se implementaron las estrategias para mitigar los efectos adversos de las islas de calor urbano?

Capítulo 4. Marco contextual (Diagnostico de la Zona de estudio/ aplicación de la metodología)

a) ¿Cómo ha impactado el crecimiento y desarrollo del municipio de Metepec a lo largo de los últimos 20 años en la formación del fenómeno de islas de calor?
b) ¿Cuál es la percepción que tiene la población respecto al impacto de las islas de calor en su salud y en el entorno?
c) ¿Cuáles son las aportaciones que pueden brindar los profesionistas en formación al campo de la sustentabilidad para reducir el efecto adverso de fenómenos como las islas de calor urbano?

d) ¿Cuáles han sido los factores que modifican el comportamiento de las islas de calor urbano?

Capítulo 5. Propuesta de solución

a) ¿Cuáles podrían ser las acciones con mayor viabilidad para mitigar los efectos adversos de las islas de calor urbano dentro del municipio de Metepec?
b) Los edificios como principal fuente de consumo de energía y modificación al entorno ¿pueden mejorar las condiciones medioambientales urbanas?

Objetivos de la investigación

Objetivo general

Analizar el fenómeno de islas de calor urbano generadas durante los últimos 20 años en el municipio de Metepec, con el fin de comprender e identificar sus causas y efectos, para proponer estrategias que permitan mitigar los efectos adversos a mediano o largo plazo.

Objetivos específicos

1. Revisar el estado del arte en torno a la temática de sustentabilidad y cambio climático en las ciudades, para integrar un marco teórico que permita analizar la complejidad urbana de Metepec y su influencia en la formación de islas de calor urbano.
2. Desarrollar un marco legal específico que permita enlistar la legislación en materia urbana, describiendo los criterios para implementar soluciones urbano-arquitectónicas que permitan mejorar el medio ambiente urbano, regular el microclima en las ciudades, de esta manera alcanzar la sustentabilidad.
3. Desarrollar un marco referencial específico para la identificación y abordaje de las islas de calor, a partir de casos de estudio exitosos preliminares a nivel

internacional, nacional y local, de esta manera hacer un contraste con el municipio de Metepec adaptándose a sus necesidades.

4. Integrar la caracterización socioeconómica y biofísica del municipio de Metepec, con el fin de contar con la información necesaria para identificar las causas que originan las islas de calor, así como sus efectos adversos.
5. Sugerir estrategias que se adapten a las características y necesidades del municipio de Metepec para mitigar los efectos adversos de las islas de calor urbanas.

Hipótesis

Utilizar la forma y componentes de la ciudad, podría representar una alternativa de solución a mediano plazo para mejorar los efectos producidos por la contaminación hacia el medio ambiente urbano. Por lo tanto, los corredores de ventilación urbana son una estrategia adecuada para mitigar los efectos adversos de las islas de calor en el municipio de Metepec, Estado de México.

Alcance

Generar una propuesta sobre diseño sustentable de ciudades de acuerdo a sus características, cuyas estrategias pueden ser aplicadas por medio de Ayuntamientos que busquen implementar arquitectura sustentable o patrocinar apoyos a la comunidad, lo anterior como parte de los esfuerzos para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2030, apegándose al cumplimiento del Objetivo 11. Ciudades y comunidades sostenibles (ONU, 2020), el cual busca conseguir que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles. Las estrategias que surjan de la caracterización del municipio de Metepec, además de conseguir la mitigación de efectos de islas de calor a través de implementación de soluciones urbano-arquitectónicas, utilizando elementos presentes en la ciudad para mejorar el confort térmico urbano.

Plantear estrategias que permitan aminorar los efectos de las islas de calor urbanas, las cuales coadyuven al cumplimiento del Objetivo 13. Acción por el clima (ONU, 2020), el cual establece la adopción de medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos. La caracterización de los problemas medioambientales que enfrenta la ciudad, entre ellos la modificación del microclima urbano y pérdida de áreas verdes, consecuencia de los procesos de desarrollo urbano en el municipio, lo anterior resulta importante para implementar soluciones de acuerdo a las necesidades del lugar, por tanto, se sugiere que los lineamientos establecidos sean efectuados por constructoras que busquen diseñar, ejecutar y establecer arquitectura que contribuya a la mejora del medio ambiente, de esta manera, detener la exacerbación o surgimiento de nuevos problemas ambientales urbanos.



Capítulo 1. Marco teórico-metodológico

La sustentabilidad es un tema relevante inmerso en una sociedad donde la calidad del medio ambiente se ve reducida con el paso del tiempo, consecuencia del crecimiento y complejidad relacionado con las ciudades, por lo tanto, conceptualizar los términos relacionados con la sustentabilidad, cambio climático y la ciudad representan conjeturar la visión respecto a la problemática ambiental que enfrentan las ciudades, así como de los elementos que son parte de diversas problemáticas en las metrópolis, sin embargo, también la solución puede estar inmersa en ellos.

El objetivo del presente capítulo, consiste en revisar el estado del arte en torno a la temática de sustentabilidad y cambio climático en las ciudades, para integrar un marco teórico que permita analizar los componentes urbanos de Metepec, de esta forma, relacionarlo con la formación de islas de calor urbano. Explicar y desarrollar los conceptos principales permite comprender la razón de abordar términos específicos relacionados con el cambio climático en las ciudades, además de basarse en fundamentos teóricos que enlistan los requerimientos a abordar.

Dentro de los conceptos abordados, se explica la relación de las ciudades con la sustentabilidad, implementación de acciones relacionadas con diseño urbano, dado que las ciudades enfrentan diversos problemas ambientales de acuerdo con su crecimiento y proceso de desarrollo, entre ellos la contaminación de cada uno de los elementos naturales dentro de los asentamientos humanos que presentan mayor grado de contaminación, dependiendo el grado de urbanización que presenten.

Entre los problemas de contaminación ambiental, destacan aquellos relacionados con la atmósfera, resaltando la formación de islas de calor, fenómeno que va siendo cada vez más común dentro del entorno urbano, por lo que la determinación de una metodología que permita determinar las causas y consecuencias empíricas de este fenómeno es relevante para el diseño de estrategias para la mitigación de efectos adversos sea efectiva.

1.1. La sustentabilidad y sus elementos

El término sustentabilidad es un concepto relativamente nuevo que va tomando mayor auge con el paso del tiempo. Siglos atrás, esta palabra no existía, debido a que no había problemas ambientales significativos que llamaran la atención de la población, porque las condiciones socioeconómicas y medioambientales eran completamente diferentes a las que tenemos hoy en día, ya que la dualidad del desarrollo nos ha beneficiado y perjudicado al mismo tiempo.

Los factores que componen a la sociedad, tiene influencia en la modificación del medio, lo cual representa ventajas y desventajas. Anteriormente, la baja densidad poblacional y los hábitos de consumo existentes en esas épocas, permitían que el estilo de vida fuera más sostenible y amigable con el medio ambiente (López, 2012). El dinamismo social ha modificado estos aspectos, aumentando la producción y consumo, por lo tanto, se hace uso de recursos naturales sin administración adecuada, extrayendo grandes cantidades de materia prima y reponiendo una mínima parte de ello.

1.1.1. Perspectivas de la sustentabilidad

El concepto de sustentabilidad tiene diversas perspectivas y enfoques, cuya coincidencia principal se sitúa en la ideología del desarrollo centrada en el crecimiento y bienestar económico, sin omitir que el planeta debe estar en condiciones adecuadas para generaciones futuras (López, 2012). La sustentabilidad abarca complejas interacciones de diferentes componentes de la biosfera, implica la necesidad de conservar la biodiversidad y la protección al ambiente, además de preservar las condiciones para la vida.

A nivel global, se ha cuestionado si el desarrollo de grandes potencias mundiales, aunado a su crecimiento económico, no significa que tiene un alto grado de progreso humano (Landa y Alfie, 2016). Al contrario, es evidente la brecha existente entre países: desigualdad entre ellos, pérdida irreparable de recursos naturales, los cuales fueron

explotados para satisfacer la demanda de las actividades económicas desempeñadas, priorizando el desarrollo industrial sin considerar el deterioro ambiental.

El progreso trae consigo una serie de cambios y modificaciones en diversos aspectos, entre ellos el crecimiento exponencial de la población, aumento de la esperanza de vida, mayor demanda para satisfacer necesidades humanas, en consecuencia, la depredación de los recursos no renovables, uso irracional de fuentes energéticas y el deterioro de los recursos renovables es inevitable (Landa y Alfie, 2016).

Las pautas de desarrollo que buscaban maximizar ganancias a corto plazo, a costa de la naturaleza y del bienestar de algunos grupos sociales, ha originado diversas críticas (Landa y Alfie, 2016):

a) Los beneficios del desarrollo no se distribuían de manera equitativa entre todos los habitantes y grupos sociales.
b) Se habían ocasionado graves problemas ambientales que ponían en riesgo a los ecosistemas y al bienestar social.
c) Daños a la salud humana por la contaminación en ciudades y por el uso excesivo de sustancias químicas en el campo.
d) Al dañar a la naturaleza, se perdía la materia prima para la producción.

A partir de la identificación de realidades sociales a las que se enfrentan diversos grupos poblacionales, se da la necesidad de empezar a tomar acciones, organizar reuniones que permitan firmar acuerdos que plasmen acciones para mejorar la calidad de vida de la población a nivel mundial, por lo tanto, es necesario tomar en consideración todos los elementos presentes en el entorno para obtener resultados favorables.

1.1.2. Esferas de la sustentabilidad

El objetivo principal consiste en enfrentar las necesidades de conservación del ambiente con las necesidades de los grupos marginados de la sociedad y las del crecimiento económico (Landa et al., 2010). Se establecen tres dimensiones para visualizar en conjunto las estrategias de planeación para el desarrollo que permiten a los países

orientar sus formas de desarrollo de acuerdo a sus propias capacidades y condiciones sociales, económicas, ambientales y culturales.

a) Social: Atiende necesidades de grupos marginados, crear igualdad de oportunidades para la salud, la educación y el empleo, entre otras.
b) Económico: Significa disminuir condiciones de pobreza mediante la distribución equitativa de los beneficios del crecimiento económico.
c) Ambiental: Pretende que en la realización de actividades humanas se cuiden los recursos naturales, considerando su capacidad de regeneración, permanencia y manejo de desechos, de tal manera que el ambiente pueda asimilarlos o degradarlos.

Estas esferas, plantean que deberá existir un enlace entre los sistemas naturales y los sistemas humanos que actúan de manera combinada. Una sociedad sustentable, es aquella que logra conservar los mecanismos de información social e institucional para poder vigilar y monitorear curvas de respuesta positivas que causan el crecimiento exponencial tanto de la población como del capital (Shettler, 2000).

1.1.3. Actores de la sustentabilidad

El Desarrollo Sustentable plantea un esfuerzo colectivo coordinado que elabore metas concretas e imagine soluciones (Landa y Alfie, 2016). Es pertinente resaltar que la discusión sobre la Sustentabilidad da pauta a un nuevo paradigma ambiental capaz de considerar la influencia recíproca e ineluctable entre leyes ecológicas, regulaciones políticas, económicas y sociales. De acuerdo con Landa y Alfie (2016), la participación de diversos actores, permite alcanzar la sustentabilidad en el entorno.

a) Gobierno

Representa al organismo que se va a encargar de tomar decisiones, mismas que impactarán a la población de manera directa o indirecta, es necesario tomar en

consideración las voces u opiniones de los líderes en cuestión en diferentes escalas. Cabe resaltar que el papel más importante es el gobierno local (Olvera, 2009), es decir, a nivel municipal, porque es el más cercano a la gente.

El gobierno es el encargado de implementar las leyes en el entorno, ya que sus objetivos no consisten solamente en la regulación de instrumentos de democracia, sino también busca fomentar, promover y regular la participación ciudadana y comunitaria, involucrando a los sectores que conforman a la sociedad.

Entre las funciones principales, destaca la consulta ciudadana, colaboración ciudadana, rendición de cuentas, difusión pública, red de contralorías ciudadanas, audiencia pública, recorridos del jefe delegacional, asamblea ciudadana. A nivel local, es necesario tener en cuenta: consulta vecinal, colaboración vecinal, unidades de quejas y denuncias, difusión y audiencia pública y recorridos de presidentes municipales (Olvera, 2009).

El papel del gobierno dentro de la sustentabilidad es importante, porque de ahí parte el diseño e implementación de regulaciones que darán paso al establecimiento y conservación de un medio ambiente sano.

b) Usuarios (habitantes, ciudadanos)

El papel de los usuarios se complementa con las funciones del gobierno, el actor gubernamental diseña e implementa acciones que busquen la mejora del medio ambiente e impulsen la calidad de vida de sus habitantes, mientras que los usuarios llevan a cabo las legislaciones o reglamentos establecidos en su entorno.

El papel de los usuarios atribuye poder al conjunto de la sociedad (Serrano, 2015), donde el pueblo ejerce el poder mediante el diálogo con las autoridades, de esta forma se facilita la asociación y organización entre ciudadanos, para que se ejerza de la mejor manera la toma de decisiones que impactará de forma directa o indirecta la toma de decisiones, tanto sociales, económicas o medioambientales, defendiendo los intereses de los integrantes, involucrando la participación de las partes involucradas.

Las aportaciones de ciudadanos que engloban temáticas relacionadas con el bienestar social como: el turismo, comercio, desarrollo de actividades económicas relacionadas con el sector agropecuario, seguridad, justicia, obras públicas, empleo y fortalecimiento económico, así como acciones que permitan combatir la pobreza en regiones más vulnerables, son algunos elementos que están inmersos en la sustentabilidad, mismos que deben ser atendidos porque forman parte de los requerimientos para garantizar la calidad de vida.

c) Organizaciones no gubernamentales (ONG)

Se describen como asociaciones de ciudadanos que actúa colectivamente a favor de alguna causa, cuyas acciones persiguen un interés material (Olvera, 1998). Hacen uso de recursos simbólicos y materiales, capacidades organizacionales, afinidades emotivas o afinidades morales situándose por fuera del sistema político, sin seguir la lógica del mercado. Las acciones de estas instituciones buscan el bienestar social, complementando determinados aspectos que otras instituciones no cubren en su totalidad.

El Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI,2022), define a las organizaciones no gubernamentales como entidades jurídicas o sociales que son creadas para producir bienes y servicios, cuyo estatuto jurídico no les permite ser fuente de ingreso, beneficio u otra ganancia financiera para las unidades que las establecen, controlan o financian; están institucionalmente separadas del gobierno, son autónomas y no imponen coercitivamente la participación en ellas.

Las organizaciones presentes dentro de la sociedad cumplen con una serie de lineamientos que las apegan a diversos aspectos considerados para la diferenciación de las ONG (Brand y Gorg, 2000), los cuales son: dimensión, estructura de las organizaciones, posición ideológica, motivación política, composición (miembros), relaciones (donadores), posición frente al Estado (conflictiva, cooptada o cooperativa), empresas privadas, organismos internacionales, fuentes de financiamiento, niveles de

actuación (local, nacional, internacional), y su posición geográfica en el hemisferio Norte o Sur.

Las ONG hacen uso de la retórica para poder manejar los problemas a través de la regulación internacional, persigue la creación y fortalecimiento de políticas tanto regionales como locales, creando alternativas desde su base social (Rodríguez, 2017). Estos acuerdos se llevan a cabo mediante el uso de diálogo o comunicación escrita para lograr persuadir a las partes interesadas en formar parte de proyectos que busquen la mejora de la calidad de vida, ambiental, que propicie el desarrollo o marque una diferencia en la sociedad.

d) Dependencias productivas (iniciativa privada)

Engloba aquellos componentes pertenecientes a la esfera económica dentro de la sustentabilidad. Se conforma por industrias, medios de transporte, etc. Dentro de la sustentabilidad tienen el objetivo de reducir la dependencia de los combustibles fósiles, la explotación de las minas de metales y minerales, reducir la dependencia de materiales, químicos sintéticos y de otras sustancias no naturales, disminuir la invasión a la naturaleza y su devastación (Anastas y Eghbali, 2010).

Representa la fuente principal del problema, es importante el crecimiento económico, más no se debe olvidar de encontrar el equilibrio entre la producción económica y un medio ambiente sano, pues de ello depende una serie de factores, entre ellos la salud de la población y la disponibilidad de recursos naturales para ser explotados.

La sustentabilidad se puede alcanzar a través de la aplicación de los Principios de química verde, también conocida como química sostenible (Anastas y Eghbali, 2010), cuyos objetivos consisten en prevenir la generación de residuos, elaborar síntesis químicas menos peligrosas, alcanzar la eficiencia energética, hacer uso de materia prima renovable, productos biodegradables entre otros, ya que estas acciones resultan ser las más contaminantes en el medio ambiente.

1.1.4. Sustentabilidad y el cambio climático

La Tierra es tan grande que es imposible imaginar que se puede contaminar en su totalidad, sin embargo, es un fenómeno que está sucediendo, explica el activista Al Gore (Guggenheim, 3 de noviembre de 2016). Uno de los componentes que es propenso a la contaminación excesiva es la atmósfera, que es una capa delgada que mantiene la temperatura del planeta en niveles soportables. Debido a las modificaciones y daños que ha sufrido esta capa de la Tierra, los científicos se han visto en la necesidad de monitorear sus daños, así como la evolución de estos.

Roger Revelle, fue uno de los pioneros en hacer las mediciones de Bióxido de Carbono (CO_2), realizando las primeras mediciones con la ayuda de globos meteorológicos. La situación de la que se percataron los científicos, es que en primavera se reduce la concentración de CO_2 debido a una serie de factores que fungen como elementos a favor, por ejemplo, la dominancia de superficies verdes en el entorno. Sin embargo, en invierno aumenta la concentración. Al Gore denomina a este efecto: inhalar-exhalar (Guggenheim, 3 de noviembre de 2016).

Uno de los efectos adversos de esta situación son las olas de calor, las cuales ya son habituales, algunas de ellas son peores que otras, cuyo mayor impacto es que ha cobrado la vida de los habitantes.

Dado que el incremento de población y cambio en el uso de suelo, donde se expande la mancha urbana, disminuye la cantidad de vegetación en las ciudades; incrementa la actividad industrial, mayor presencia del parque vehicular, tiene como consecuencia que las emisiones contaminan la atmósfera con mayor rapidez (Guggenheim, 3 de noviembre de 2016). La humanidad está entrando en un periodo de consecuencias, donde determinados efectos pudieron evitarse, o a través corregir acciones. Pero actualmente, ya es tarde, ahora solo nos queda pagar las consecuencias de errores pasados.

Las consecuencias del Calentamiento Global son diversas, entre ellas se encuentran mayores precipitaciones, que provocan inundaciones. En caso contrario, pueden provocar severas sequías. En el pasado, los lugares que elegían las personas para

habitar estaban basados en las características meteorológicas del lugar. Una de las explicaciones aplicables a esta afirmación es porque las personas siguen un patrón climático previamente establecido (Guggenheim, 3 de noviembre de 2016).

Las afecciones a la población consecuencia del Calentamiento global han sido catastróficas, lo cual provoca la presencia de un nuevo grupo poblacional denominado "refugiados climáticos", quienes huyen de los accidentes ecológicos. Explicar a la población lo que está sucediendo en el planeta, puede representar la trascendencia a la mentalidad de la gente, ya que cada uno es causante del Calentamiento Global. También está en cada uno el poder de cambiar nuestra realidad. Es necesario tomar acciones para asegurar nuestro futuro, mediante el privilegio de las explicaciones sobre lo que está pasando en nuestro planeta.

1.2. Ciudades y la transformación territorial

Las regiones que conforman al territorio, representan el testimonio palpable del paso efímero de la humanidad por los territorios (Ramírez, 2003), mismos que atraviesan diversos procesos como apropiación, transformación, sentimiento de pertenencia e imaginación de sucesos históricos importantes.

La actualidad territorial, requiere de la explicación de los componentes inmersos en el área para tener un sentido amplio y complejo (Ramírez, 2003), por lo que se requiere de tres orientaciones cuyo énfasis será diferente de acuerdo con la perspectiva:

a) Orientación económica: explica la localización de actividades como la industria o actividades terciarias en general; incluye aquellas ubicadas en modelos econométricos y matemáticos para explicar procesos, hasta aquellas encargadas de estudiar la reestructuración económica del capitalismo.
b) Orientación urbana: estudia los procesos eminentemente citadinos que dan respuesta a problemas del crecimiento urbano (centralidad, descentralización y concentración), también aborda problemas sociales y demográficos vinculados a

la urbanidad, planeación, gestión territorial, estructura de las ciudades, por último, sus procesos.

c) Orientación cultural: busca proporcionar respuesta a problemas relacionados con la identidad, el imaginario, el sentimiento de pertenencia, la movilidad en relación con el espacio y repercusiones de organización cultural, que resultan de prácticas sociales específicas.

Las orientaciones se entrecruzan con campos específicos del conocimiento geográfico, económico, sociológico, urbano, antropológico o una interacción de varios ellos (Ramírez, 2003), éstas, junto con las perspectivas del análisis territorial tienen características en común: dan prioridad al ámbito urbano sobre el rural, la industria sobre la agricultura y las actividades primarias, ubicadas en un amplio contexto del análisis del territorio, cuyos componentes de planeación territorial se plasman en la Tabla 1.

Tabla 1 Componentes de planeación territorial

Componentes de planeación territorial	
Ocupación	Formas en que se edifica o toma posición del territorio.
Uso	Actividades sobre el territorio.
Utilización	Forma en que se obtiene provecho o intensidad de la ocupación.
Estructuración del territorio	Forma en que se organizan y relacionan los componentes del territorio.

Fuente: Elaboración propia basado en Gutiérrez (2012).

La Planeación moderna es una forma de razón técnica orientada al conjunto de problemas presentes en el dominio público (Friedman, 1987). Esta noción destaca al ser considerada como uno de los principales aciertos del pensamiento ilustrado. La pretensión de la Planeación Moderna consiste en crear ciudades basadas en principios de la ilustración (Gutiérrez, 2012), manifestando su visión holística, su énfasis en la lógica, el orden, la ciencia y la racionalidad.

La característica principal de la Planeación Urbana Moderna (Hall, 2002) consiste en producir planes y visiones a futuro proyectando un estado final-ideal de la ciudad. En ellos se plasmaba con gran precisión la configuración espacial y usos de suelo. Cabe

destacar que esos planes rara vez admitían cambios o alternativas, argumentando que la visión futura era la mejor opción en un sentido casi profético.

Para el territorio mexicano, especialmente para el mexiquense, se han desarrollado documentos como el Ecoplán, donde se establecieron unidades ambientales homogéneas en ciertos módulos de extensión territorial semejantes (Serrano, 2012). En este tipo de documentos, se plasmaron características territoriales como uso de suelo, edafología, geología, zonas inmuebles, riesgos para la población, crecimientos urbanos históricos, potencialidades y limitaciones de tipo ambiental.

De acuerdo con Ortiz (2009), el estudio del espacio en los neoclásicos, contiene una visión lineal centrada en la localización de actividades productivas mediante modelos espaciales. Un ejemplo de ello es el trabajo realizado por economista alemán Von Thünen, quien trató de dar orden a la organización del espacio rural-urbano que se generaba ya en desorden a partir de las localizaciones industriales, posterior a la visión económica y geográfica, el paradigma de la teoría regional en la época neoclásica.

El desarrollo de la teoría del lugar central, se muestra como un modelo del territorio propuesta por el geógrafo Walter Christaller y el economista August Lösch (Ortiz, 2009). Dicha teoría permite entender la función concentradora de servicios en la ciudad, simulando procesos de organización espacial a partir del proceso económico de mercado, a través de un análisis geográfico que ayudará a identificar todas las actividades económicas que se daban en las regiones.

Posteriormente, el análisis del espacio como categoría para el estudio de la sociología a nivel urbano, se da a partir de una visión integral que engloba la política, el hábitat y la vida cotidiana que considera la habitación (Ortiz, 2009). Basándose en dichos análisis, es en el espacio donde surge el soporte material de lo físico, además de ser el sitio donde se muestra la lucha de clases, evidencia física de la estratificación social.

1.2.1. Composición y diseño urbano

Las ciudades son el resultado de la suma de iteraciones que la población realiza en el espacio-tiempo en un territorio (Ortiz, 2009); es el lugar donde el hombre establece las relaciones que dan sentido a los patrones en el espacio y la espacialidad que genera su hábitat.

Las características de la ciudad se encuentran distribuidas en diversos ejes (Ramírez, 2003) que van desde la percepción, transformación y regulación del territorio, cuya descripción de los ejes de interés y discusión dentro de las ciudades se describen de la siguiente manera:

a) Eje filosófico-epistemológico: se centra en la reflexión sobre la concepción del espacio-tiempo, o la resolución de concepciones ontológicas de problemas sociales, de identidad y el imaginario.
b) Eje de desarrollo y transformación: su enfoque es económico y social del capitalismo, donde la economía y la geografía juegan un papel fundamental.
c) Planeación, políticas estatales, instituciones y poder: el centro de atención es la acción del Estado como instancia de intervención transformadora de la economía y áreas ocupadas por la sociedad.

El máximo exponente de planeación urbana, fue Le Corbusier, quien difundió una serie de principios orientados al orden y control del crecimiento de las ciudades particularmente, cuyos argumentos se basaron en los postulados de la Carta de Atenas, iniciativa que daría lugar a una profunda renovación de ideas urbanísticas de la época (Gutiérrez, 2012), destacando que el espacio se debe organizar de acuerdo con las principales actividades humanas: habitación, esparcimiento, trabajo y circulación.

En las ciudades y su composición, intervienen dos elementos importantes: el diseño y la arquitectura, los cuales comparten un carácter interdisciplinario (Ortiz, 2009), definiéndose de la siguiente manera:

a) La arquitectura tiene como finalidad realizar el hábitat social, por ende, debe rescatar la síntesis esencial del ser humano para que pueda conservar su vida y reproducirse. En este sentido, la comunicación y le lenguaje conforman los argumentos fundamentales para incidir en el diseño.
b) Territorio y lo edificado: equivale al espacio y lo reconoce como la materialización de la geometría en el territorio. La visión multidisciplinaria, concibe al espacio (en la arquitectura) como fijo y a la espacialidad como movilidad, es decir, el flujo que hace referencia a la cultura como el proceso que interpreta las relaciones humanas en la especialización.
c) Flujos: en el diseño son referidos en el proceso de creación.
d) Fijos: definidos por ser objeto en el espacio, es el edificio como objeto-diseño y por tanto es material.

A lo largo de la historia, la ciudad ha tomado diversas características, las cuales en conjunto se conocen como fractales, además de ser lugares producto de la iteración, transformación, auto-referencia y sitio de multi-escalar de espacio-tiempo, donde se manifiesta la incertidumbre (Ortiz, 2009).

El diseño de las ciudades, es producto de diferentes concepciones de imagen pertenecientes a diferentes épocas, además de una sociedad a otra. Si bien, es posible encontrar semejanzas en la estructura de la ciudad, de acuerdo con las características de la naturaleza, el estilo de vida y finalmente la complejidad, que es una situación producto de la forma en cómo trabaja o cómo se desarrolla el tiempo en ella. Esta situación va a determinar el rumbo que tendrá la ciudad, desde el desarrollo hasta los problemas ambientales que va a enfrentar.

La ciudad se va conformando de elementos generales a particulares, por ejemplo: de casas a barrios, espacios delimitados de lo urbano (también denominados archipiélagos). Estos sistemas se van tornando cada vez más complejos (Ortiz, 2009), ya que se observan como subelementos del sistema urbano, construidos a partir de usos del suelo, actividades, culturas y calidad de vida.

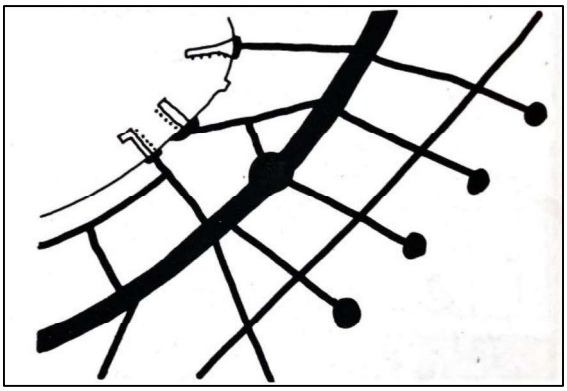
La ciudad, el barrio y la casa son la relación entre ciudadanía y territorio, donde se reconoce la vida social que se va haciendo más compleja con el paso del tiempo debido a los cambios experimentados por el barrio, cuya percepción recae en la cotidianidad, el sentido se modifica de acuerdo con la percepción del individuo, en tanto que la ciudad se percibe como ámbito delimitado y diferenciado del territorio o entorno, espacio del trabajo, consumo, aventura, la libertad ofrecida a la diversidad social cuya accesibilidad se reduce cada vez más, se vuelve más dispersa y sin límites claros.

1.2.2. Morfología urbana

Las formas y estructuras de la ciudad intervienen de forma indirecta en diversos fenómenos presentes en la ciudad en diferentes aspectos (Gutiérrez, s. a.), cabe resaltar que, para la presente investigación, es de suma importancia la morfología urbana porque tiene un impacto en la dispersión de contaminantes, ya que determina si el viento puede seguir su cauce, o si las condiciones representan obstáculos para este, de ello depende el grado de modificación al microclima urbano que habrá en la ciudad.

Sistema Lineal

Figura 1 Morfología urbana: sistema lineal



Fuente: Schjetnan, Peniche, y Calvillo, (1984, p. 48)

La estructura urbana se crea a partir de una vía principal (avenida, carretera), ramificándose a sus lados en vías secundarias, resultando un esquema lineal de desarrollo urbano. Las ventajas y desventajas de este sistema de ciudad se muestran en la Tabla 2. La ciudad lineal tiene un diseño basado en una sola calle que actúa como eje principal, es ahí donde se establecen servicios e infraestructura que la población requiere.

Tabla 2 Ventajas y desventajas del sistema Lineal

Ventajas y desventajas del sistema Lineal	
Ventajas	**Desventajas**
Fácil crecimiento donde se añaden partes sin modificar su estructura básica.	Problemas de tránsito, no existen muchas alternativas de circulación.
Fácil de controlar su desarrollo y forma.	Distribución inadecuada para las actividades a realizar en la ciudad.
Facilita la orientación en la ciudad.	Al no existir gran variación en su forma, resulta un paisaje monótono.
Fácil urbanización e instalación de infraestructura.	
Se adapta al transporte público.	
Facilita la concentración, evitando la dispersión.	
Se adapta a condiciones difíciles de topografía (valles, cañadas, costas, etc.).	

Fuente: Elaboración propia basado en Gutiérrez, (s. a.).

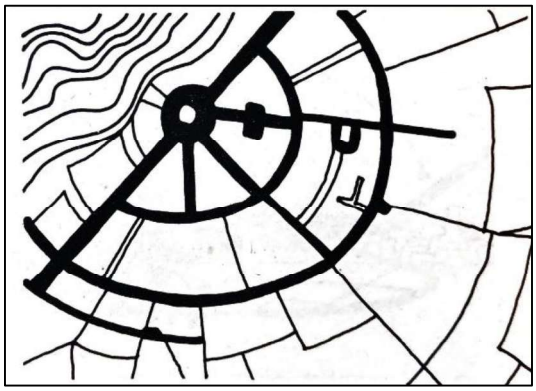
A lo largo del trayecto de esta avenida principal, es donde se ubican a los medios de transporte principales, así como los equipamientos de parques, jardines y edificios gubernamentales. El objetivo de estas ciudades es que los habitantes puedan tener acceso fácil y rápido a los medios de transporte públicos. Esta propuesta de ciudad se hizo por Soria (1882), quien establece que el modelo lineal de la ciudad jerarquiza a la población de acuerdo con su clase social.

El sistema lineal establece los lugares para habitar, mismos que serán distribuidos de acuerdo al poder adquisitivo de diferentes actores. Las clases sociales altas pueden obtener predios con mayor valor que cuentan con fachada a la calle principal. Conforme se van alejando de la zona céntrica, los precios se van reduciendo también, por lo tanto,

hay mayor accesibilidad de predios para la demás población, siendo los habitantes de clase baja quienes habitarán la periferia.

Sistema Concéntrico o Radial

Figura 2 Morfología urbana: sistema concéntrico o radial



Fuente: Schjetnan, Peniche, y Calvillo, (1984, p. 48)

Diseño de la ciudad donde la vialidad coincide en un centro generador de radiales relacionados entre sí por anillos concéntricos (Gutiérrez, s. a.). En este tipo de ciudad, el plano radio céntrico está organizado en torno a un punto central destacado de la ciudad, normalmente una plaza central, punto donde parten las calles principales en forma de radios, mientras que otras calles importantes se disponen en forma de círculos en torno al espacio central. Las ventajas y desventajas de este sistema se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3 Ventajas y desventajas del sistema concéntrico o radial

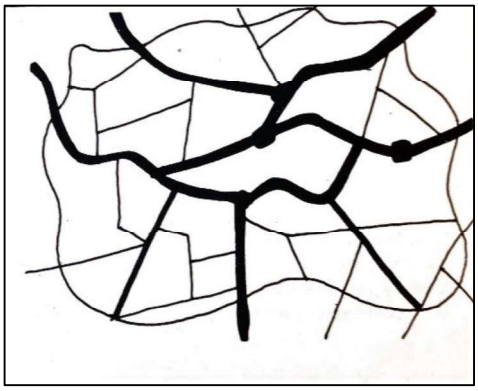
Ventajas y desventajas del sistema concéntrico o radial	
Ventajas	**Desventajas**
Crece con anillos cada vez más grandes.	Desarrollo perimetral en forma equilibrada.
Es equidistante el centro.	La infraestructura y vialidad son costosas.
Se adapta a topografías planas.	Propicia la dispersión.
Propicia diferentes alternativas de desarrollo.	No se adapta a topografías accidentadas.
	El centro tiende a saturarse y congestionarse.
	Difícil crecimiento y desconcentración.

	Se adapta mejor al transporte privado.

Fuente: Elaboración propia basado en Gutiérrez, (s. a.).

Sistema irregular o plato roto

Figura 3 Morfología urbana: sistema irregular o plato roto



Fuente: Schjetnan, Peniche, y Calvillo, (1984, p. 48)

El sistema de plato roto dentro de la ciudad, la vialidad está organizada sin orden geométrico previamente definido. En este sistema no existe un orden jerárquico en la estructuración de sus calles y manzanas, su forma suele ser sinuosa, estrecha y genera una sensación de laberinto difícil de comprender para los habitantes locales y visitantes (Gutiérrez, s. a.). Es el tipo de ciudad más complicado donde se hace omisión de la planeación territorial.

El desarrollo y crecimiento de este tipo de asentamientos humanos no fue planeado, por lo que las edificaciones, calles y manzanas no siguieron un plan establecido, sino que se fueron estableciendo de acuerdo con las necesidades de la población o adecuándose a la morfología del contexto. Las ventajas y desventajas de este sistema de ciudad se plasman en la Tabla 4. Este tipo de estructura urbana es común en los asentamientos irregulares o ubicado a orillas de algún accidente geomorfológico, al costado de rio, lago o laguna.

Tabla 4 Ventajas y desventajas del sistema irregular o plato roto

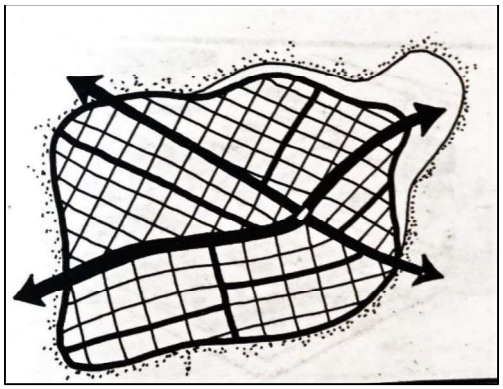
Ventajas y desventajas del sistema irregular o plato roto	
Ventajas	**Desventajas**
Crea interesantes situaciones urbanas y arquitectónicas (plazas, secuencias, predios).	Es difícil de controlar su planeación al no permitir una sistematización de sus terrenos y calles.
Adaptable a la topografía.	Es confuso para la orientación de su población.
Genera alternativas de orientación de los lotes.	Dificulta el tránsito y propicia el congestionamiento.
Propicia sistemas peatonales.	La infraestructura es difícil y costosa.
Este sistema es propio de ciudades pintorescas.	Es complicado jerarquizar su vialidad.

Fuente: Elaboración propia basado en Gutiérrez, (s. a.).

En la actualidad este tipo de traza urbana es característico de cascos históricos de las ciudades, cabe destacar que muchos de estos sitios han sido modernizados para que puedan funcionar de acuerdo con las necesidades modernas, sumado a las problemáticas urbanas que se están presentando, en combinación con actividades turístico-culturales que se lleven a cabo en las zonas.

Sistema de malla o retícula

Figura 4 Morfología urbana: sistema de malla o retícula



Fuente: Schjetnan, Peniche, y Calvillo, (1984, p. 49).

Este sistema de morfología urbana, se caracteriza por su forma ortogonal, genera manzanas cuadradas o rectangulares, puede haber variantes al cambiar de ángulo el cruce de la vialidad o al tomar formas curvas (Gutiérrez, s. a.). En este tipo de estructura

urbana predominan las líneas rectas en el trazado de las calles, a su vez son cortadas perpendicularmente conformando una retícula que proporciona orden y simetría a la ciudad.

La estructura urbana ortogonal se puede encontrar en casi toda ciudad actual, debido a los beneficios que se encuentran en su morfología listados en la Tabla 5; entre ellos destaca la facilidad de lotificación, el control del crecimiento y la jerarquización de sus vialidades de acuerdo a los requerimientos necesarios. Este tipo de morfología urbana tiene una perspectiva con mayor orden y distribución en las lotificaciones y construcciones.

Tabla 5 Ventajas y desventajas del sistema malla o retícula

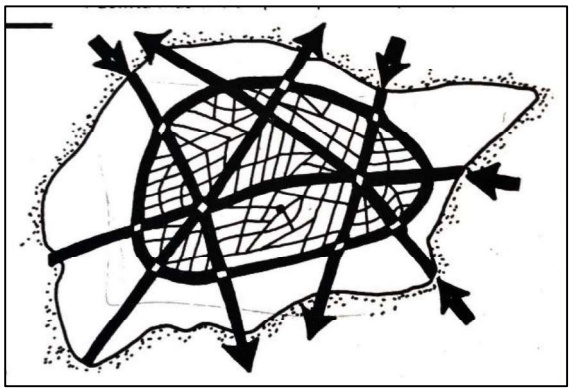
Ventajas y desventajas del sistema malla o retícula	
Ventajas	**Desventajas**
Fácil de lotificar.	Si la retícula es monótona, el paisaje y la imagen urbana serán pobres.
El crecimiento, continuidad en calles y manzanas es viable.	Si la vialidad no está bien jerarquizada se vuelven peligrosos los cruceros.
Es flexible (lotificación modulable).	Se saturan algunas vialidades al tiempo que se desperdician otras.
Tiene cierto grado de adaptación a diferentes topografías.	No se adapta fácilmente a elementos naturales irregulares (cañadas, ríos, costas).
Mayor control de las orientaciones y vientos.	Facilita más el transporte privado que el público.
En caso de problemas en alguna vía, existen alternativas.	
Es flexible a cambios (anchura de calles, diagonales, etc.).	

Fuente: Elaboración propia basado en Gutiérrez, (s. a.).

Los principales problemas en la ciudad actual, se enfocan en el elevado cruce de sus calles, lo que ralentiza el tránsito vehicular, congestionamiento vial, en consecuencia, genera externalidades negativas como contaminación atmosférica, mayores niveles de ruido y estrés a su población, afectando la calidad del medio ambiente y la salud de la población.

Sistema de grandes ejes

Figura 5 Morfología urbana: sistema de grandes ejes



Fuente: Schjetnan, Peniche, y Calvillo, (1984, p. 49).

En este diseño urbano, la vialidad está organizada a partir de grandes avenidas que cruzan la ciudad, para unir puntos importantes en ella (Gutiérrez, s. a.). El sistema de grandes ejes como medio para conformar una ciudad, parte del objetivo de movilizar a más personas, en menor tiempo y menor distancia. Las ventajas y desventajas de este tipo de ciudad se encuentran listadas en la Tabla 6.

Tabla 6 Ventajas y desventajas del sistema de grandes ejes

Ventajas y desventajas del sistema de grandes ejes	
Ventajas	**Desventajas**
Organiza la ciudad y vialidades.	Los cruces entre avenidas son problemáticos.
Propicia centros urbanos en los puntos de cruce y de origen o destino de sus avenidas.	Los edificios en vías primarias requieren un control del uso de suelo y arquitectónico.
Facilita la percepción del paisaje urbano.	Concentración de actividades en las vías primarias, creando demasiado tránsito.
Jerarquiza la vialidad.	Poca adaptabilidad a topografías difíciles.
Sus avenidas son polos de atracción para equipamiento urbano.	La implementación inicial es costosa.
Las vías dan carácter al paisaje al propiciar vistas y perspectivas interesantes.	
Facilita el transporte público.	

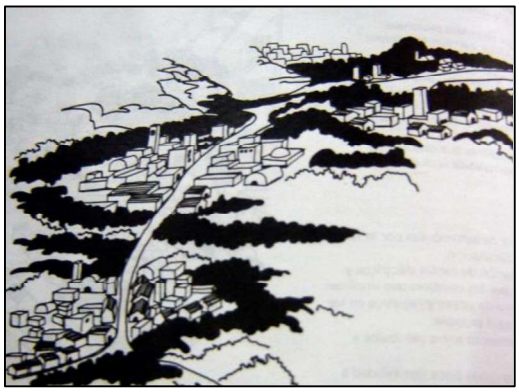
Propicia áreas verdes asociadas a las vialidades, fácil de reforestar o ajardinar por sus secciones amplias.	

Fuente: Elaboración propia basado en Gutiérrez, (s. a.).

En este tipo de estructura se prioriza a la movilidad motorizada (vehículo particular) sobre el transporte público o la movilidad no motorizada. Es común que en este tipo de estructura urbana queden vacíos urbanos, producto de la apertura de ejes viales que seccionan a la ciudad, en muchos casos los barrios quedan divididos por barreras (vialidades) que transforman toda la dinámica en dicha zona.

Cinturones verdes

Figura 6 Morfología urbana: cinturones verdes



Fuente: Schjetnan, Peniche, y Calvillo, (1984, p. 50).

Son las ciudades que están estructuradas y construidas a través de áreas rodeadas de cinturones de zonas naturales. En su inicio los cinturones verdes funcionaron como áreas para preservar el paisaje natural, con el objetivo de constituir zonas de separación o delimitación de las áreas urbanas y el campo. Las ventajas y desventajas de los cinturones verdes se explican en la Tabla 7, ya que, al mostrar aspectos positivos, las dificultades que presentan se relaciona con el cambio de uso de suelo.

Tabla 7 Ventajas y desventajas de los cinturones verdes

Ventajas y desventajas de los cinturones verdes	
Ventajas	**Desventajas**
Se adapta a la topografía y elementos naturales (costas, lagunas, bosques, etc.).	Ocasionalmente dificulta la vialidad primaria.
Las zonas naturales y el espacio abierto son accesibles a la población.	La introducción de infraestructura presenta dificultades y mayor costo.
El límite es definido por los elementos naturales.	Requiere un mayor control de su trazo, forma y sus usos de suelo.
Son ciudades con poca contaminación atmosférica.	Necesita un control estricto de áreas naturales que conforman el cinturón.
Imagen urbana clara.	Al estar limitada su extensión territorial, tiende a crecer verticalmente.
Los distritos contrastan con los elementos naturales que los rodean.	
Permite definir el límite de la extensión de la ciudad.	

Fuente: Elaboración propia basado en Gutiérrez, (s. a.).

En la actualidad los cinturones verdes son considerados como corredores naturales; que generalmente son una mezcla de tierras públicas y privadas, que fungen como medio para la contención en el crecimiento urbano, además de preservar los elementos verdes que permitirán amortiguar los efectos adversos que puede tener el crecimiento de ciudades en el microclima urbano, es decir, no se busca la integración futura de áreas verdes, sino mantener la preservación natural.

1.2.3. Criterios para el Diseño bioclimático urbano

Zonas climáticas

Cuando se elabora un proyecto de investigación relacionado con la ciudad, es importante conocer las zonas climáticas y sus características, de esta forma los proyectos urbanos serán ambientalmente eficientes para el confort de los usuarios y beneficio de su economía (Bazant, 2016). Cabe resaltar, que las consecuencias del calentamiento global

se empiezan a ver reflejadas en las zonas climáticas, alternado sus características principales, sin embargo, sirven como referencia para diseñar proyectos.

Dado que la presente investigación tiene como área de estudio el municipio de Metepec, la localización geográfica permite la determinación de la zona climática, definiéndose como *Elevaciones semiáridas meridionales con clima semifrío (Bs)*, región que se extiende por los Estados del Norte, Oeste y centro de México, colinda al Occidente con las Sierras Templadas y al Oriente con la región ecológica de los desiertos de América del Norte.

Es una zona formada por sedimentos aluviales y conglomerados de las sierras volcánicas, por lo que en ella se encuentran dos tipos principales de suelos: moderadamente secos y profundos y Someros/ arcillosos. La elevación sobre el nivel del mar oscila entre los 1100 y 2600 metros. El clima es semiárido, con 300 a 600 mm de lluvia anual y temperaturas medias que fluctúan entre los 12°C y 20°C. Existen periodos cíclicos de sequía y son comunes las heladas en invierno (Bazant, 2016).

El paisaje está compuesto por colinas, valles bajos y planicies con vegetación dominada por pastizales. Hay tres tipos de clima predominantes: semifrío seco, semifrío y semifrío húmedo, los cuales tienen que ver con la altitud en la que se ubican. Las ciudades más importantes de esta región son: Nogales, Chihuahua, Durango, Aguascalientes, Zacatecas, León, Celaya, Irapuato, Zamora, Querétaro, Xalapa y Toluca.

Criterios bioclimáticos urbanos

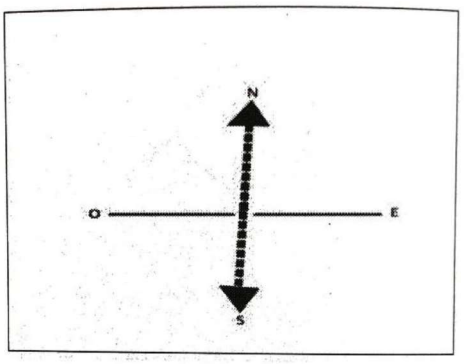
El propósito de aplicar criterios bioclimáticos al diseño urbano es reducir el malestar físico y sensorial que ocasionan las variaciones climáticas en una localidad, obligando a los usuarios a hacer uso de aparatos climáticos para lograr el confort térmico dentro de la vivienda (Bazant, 2016). Estos productos consumen grandes cantidades de energía y gas, cuya fuente de generación energética no favorece al medio ambiente, ya que se contaminan los cuerpos de agua, además de emitir gases que contaminan la atmósfera.

Los aspectos bioclimáticos para clima semifrío, se establecen a partir de la altitud, la cual corresponde a 2,600 msnm; clima semifrío, las estaciones del año son marcadas: la primavera es cálida y seca, el verano es lluvioso y húmedo, el otoño es fresco y el invierno semifrío, produce mayor incomodidad ambiental debido a las bajas temperaturas, la gran altitud y los rayos solares rasantes provenientes del Hemisferio Sur que no brindan sensación de confort térmico. Para ello, de acuerdo con Bazant, (2016) se proponen los siguientes lineamientos bioclimáticos en el diseño de ciudades.

Orientación de calles

La ausencia de asoleamiento produce incomodidad, especialmente en invierno. Se recomienda una orientación vial en el eje norte-sur, para darles a las viviendas la mayor exposición solar posible. Asimismo, durante el invierno los vientos fríos del norte se canalizarán en las calles, que serán gélidas, pero en todo caso azotarán el muro lateral de las viviendas y se reducirá su penetración al interior (ver Figura 7).

Figura 7 Criterios bioclimáticos: orientación de calles

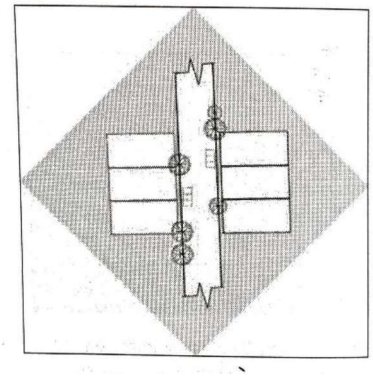


Fuente: Bazant, (2016, p. 128).

Orientación de las viviendas

La orientación idónea va en el eje oriente-poniente, de modo que las fachadas principales y posteriores queden expuestas al asoleamiento de las mañanas y las tardes. En esta latitud no se recomienda abrir grandes vanos, especialmente en ventanas, ya que se favorece la pérdida de calor en espacios interiores de la vivienda, por lo que la probabilidad de usar calentadores es mayor (ver Figura 8).

Figura 8 Criterios bioclimáticos: orientación de las viviendas

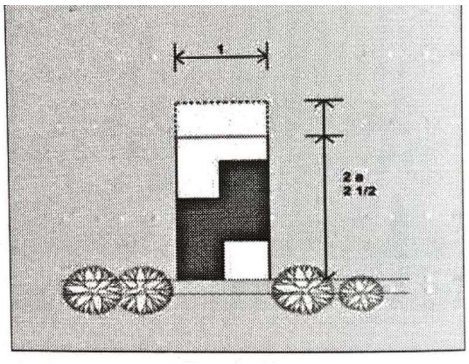


Fuente: Bazant, (2016, p. 128).

Proporción del lote

Se recomienda un lote rectangular de proporciones 1:2 a 1:2 ½ (ancho-largo), siendo esta última la recomendable. Los lotes chicos de 150 m^2 suelen ser los más acertados, siempre y cuando no haya pinos o cedros dentro de los límites, en caso de ser así, es necesario ajustar los límites de los lotes para preservar los árboles (ver Figura 9).

Figura 9 Criterios bioclimáticos: proporción del lote

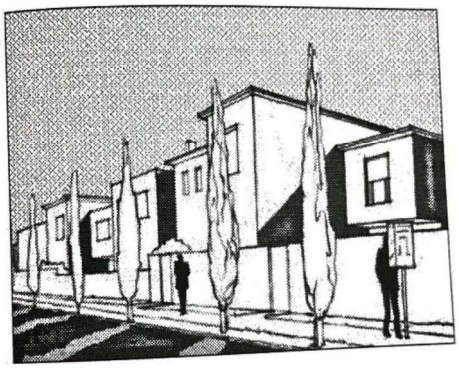


Fuente: Bazant, (2016, p. 128).

Sembrado de las viviendas

Evitar el sembrado de viviendas en hilera, pues favorecen las corrientes de vientos fríos. Hay que variar el sembrado para bloquear las corrientes de aire en invierno, por lo que se recomienda establecer un cordón de árboles de hoja perenne (ver Figura 10).

Figura 10 Criterios bioclimáticos: sembrado de las viviendas



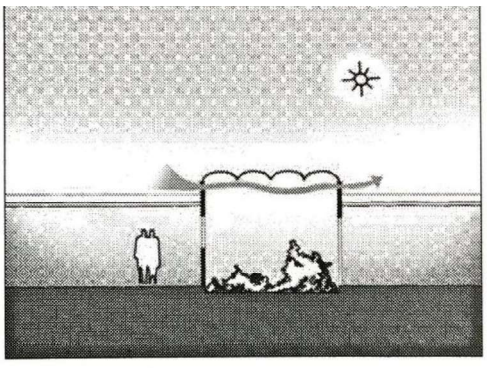
Fuente: Bazant, (2016, p. 129).

Forma de las viviendas

Deben ser enclaustradas y alargadas, exponiendo el lado corto hacia la orientación deseable buscando colocar viviendas laterales para que protejan climáticamente entre sí la orientación indeseable (ver Figura 11). Se recomienda una altura de 2.3 m o menor para mantener pequeños volúmenes de aire internos, por lo que cada espacio debe poder ventilarse aisladamente evitando la ventilación cruzada que puede hacer perder la temperatura interior de toda la vivienda (ver Figura 12).

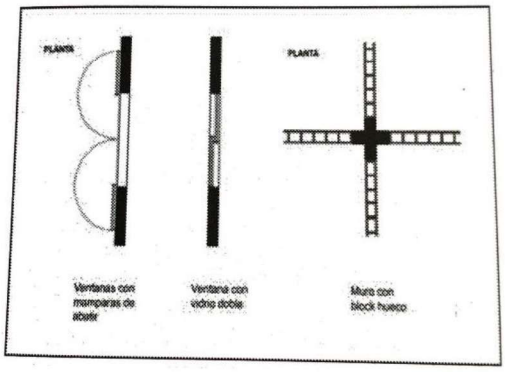
No son deseables los patios interiores de doble altura por la pérdida de calor que representan, los espacios interiores deben ser compactos y cerrados, para permitir el calentamiento de cada espacio individualmente. Puede haber domos cerrados sobre pequeños patios que pueden conservar la temperatura agradable en invierno.

Figura 11 Criterios bioclimáticos: forma de las viviendas



Fuente: Bazant, (2016, p. 129).

Figura 12 Criterios bioclimáticos: ventanas y muros

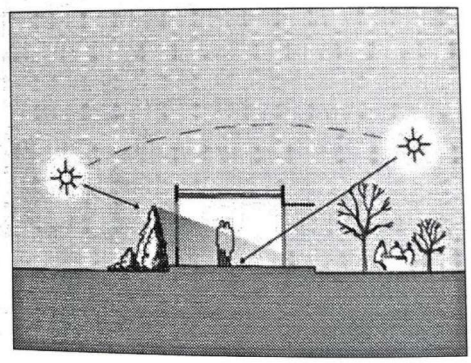


Fuente: Bazant, (2016, p. 129).

Andadores peatonales

Los recorridos deben ser breves y direccionales hacia un destino. Se busca que los andadores sean soleados y para ello la siembra de árboles de hoja caducifolia dará sombra en verano y en el invierno permitirá el acceso de rayos solares, re recomienda colocar cobertizos semiabiertos para darle al peatón una alternativa de descanso en un lugar protegido de la lluvia o frío (ver Figura 13).

Figura 13 Criterios bioclimáticos: andadores peatonales

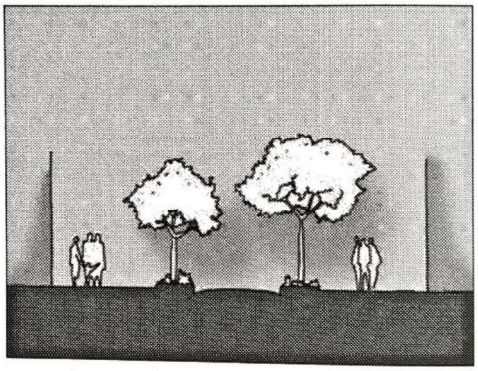


Fuente: Bazant, (2016, p. 130).

Secciones viales

Las calles locales pueden ser un agente climático que favorezca la absorción y radiación de temperatura. Los 12 m estipulados en reglamentos locales pueden resultar adecuados para retener el calor del día. Es deseable plantar árboles de hoja caducifolia que permitan que no solo el pavimento vial sino las fachadas queden directamente expuestas al sol (ver Figura 14).

Figura 14 Criterios bioclimáticos: secciones viales

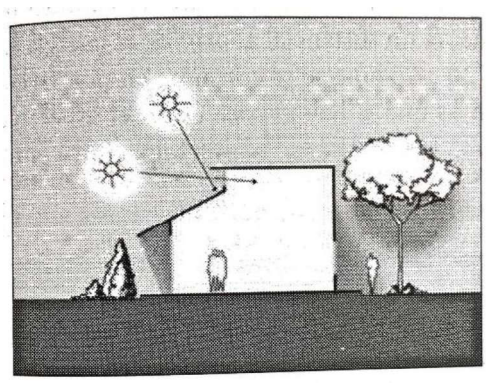


Fuente: Bazant, (2016, p. 130).

Vientos

Los vientos gélidos del norte combinados con un descenso de temperatura provocan heladas. En ciudades de elevadas altitudes como Toluca, se produce escarcha y ésta, si se deshiela y congela, puede producir pavimento peligroso, por seguridad de los usuarios, se recomienda utilizar pavimentos de textura rugosa (tipo adocreto) en andadores peatonales y vialidades (ver Figura 15).

Figura 15 Criterios bioclimáticos: vientos

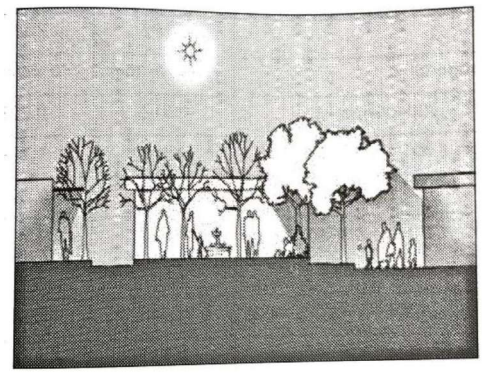


Fuente: Bazant, (2016, p. 131).

Espacios urbanos

Tienen uso moderado durante el invierno, en clima semifrío prevalecen las especies de pinos que tienen copa alta y que habría que complementar con otras especies de copa baja, a manera de que formen barreras rompe vientos que mitiguen las corrientes de aire dentro de los espacios urbanos (ver Figura 16).

Figura 16 Criterios bioclimáticos: espacios urbanos



Fuente: Bazant, (2016, p. 131).

1.3. Cambio climático: consecuencias y adaptaciones

El cambio climático está siendo notorio a nivel mundial a través de fenómenos naturales, cuyas intensidades son de carácter histórico, sus efectos adversos están superando los datos registrados en los últimos 50 años, por lo tanto, esa situación afectará a más personas, quizá la capacidad de recuperarse de dichos impactos, sea más complicado (Abranches y Viola, 2009). Los eventos extremos que se están registrando, son lluvias torrenciales, inundaciones, sequías, tempestades de granizo y huracanes cada vez más fuertes.

Los impactos del cambio climático serán percibidos de diferente manera a nivel local y subnacional (Abranches y Viola, 2009). La respuesta política está siendo debatida: de manera apenas incipiente a nivel nacional, y casi inexistente en el ámbito regional. A

nivel nacional e internacional se están tratando de implementar políticas que permitan mitigar los efectos adversos del cambio climático.

Las acciones a nivel macro son inútiles, ya que el verdadero resultado se puede ver a través de acciones implementadas a nivel regional en conjunto. Se requiere realizar análisis a escala macro y micro, para poder diseñar e implementar políticas y estrategias para mitigación y adaptación al cambio climático, diseñando una estrategia preliminar de seguridad climática.

Dos tipos de política son fundamentales relacionadas con el cambio climático: por una parte, cooperar incisivamente en la arena internacional para promover un tratado consistente de mitigación del calentamiento global (Abranches y Viola, 2009); y por otra, desarrollar políticas efectivas de adaptación al cambio climático a nivel regional, nacional y subnacional.

La gobernabilidad ambiental es un instrumento que aporta una perspectiva de corto plazo, cuyo objetivo consiste en combatir la polución del aire, del agua y del suelo que deteriora la calidad de vida. La gobernabilidad ambiental no es contradictoria con la construcción de la gobernabilidad climática, cuyo enfoque es a largo plazo, buscando mitigar la producción de gases de efecto invernadero y adaptarse a extremos climáticos preparando a la población y fortaleciendo la defensa civil.

Los efectos del cambio climático ya se están experimentando a nivel mundial, situación que representa un riesgo y desafío para la sociedad, debido a las afecciones respecto al uso de recursos naturales, de energía, uso de suelo, estilos de vida y los modelos de consumo de las poblaciones; existe un gran volumen de conocimiento que se acumula, englobando aspectos físicos del cambio climático.

El cambio climático global sigue avanzando, es ya irreversible en función de la acumulación actual y trayectoria en el futuro próximo de los gases de efecto invernadero en la atmósfera, se transformará probablemente en un fenómeno peligroso para el año 2040 o 2050 (Abranches y Viola, 2009).

Actualmente se encuentra en tema de discusión la necesidad de acciones preventivas y proactivas para enfrentar ese cambio, ya que, si las acciones no ocurren o no son lo suficientemente fuertes para mostrar resultados, quedarán solo acciones reactivas, de adaptación y respuesta a situaciones potencialmente catastróficas con costos económicos altos, donde los países más pobres y habitantes más pobres en países afectados sufrirán mucho más. Todas las personas de todas las sociedades del planeta contribuyen al cambio climático en diferente grado, sin embargo, todas sufrirán sus consecuencias.

1.3.1. Las ciudades ante el cambio climático

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) es un organismo encargado de reunirse continuamente para abordar, analizar y evaluar temas de interés concretos, relacionados con el cambio climático y sustentabilidad a nivel mundial, entre los temas más relevantes se encuentran: fenómenos extremos y desastres, energía renovable, impactos del calentamiento global de 1.5 °C, trayectorias correspondientes de las emisiones de gases de efecto invernadero, los océanos, la criosfera y usos de la tierra.

La descripción del cambio climático y su relación con las ciudades, asentamientos humanos e infraestructura está basada en el Informe del Sexto Ciclo de Evaluación, realizado en 2019. En este informe se plasma que el cambio climático está afectando mayor número de ciudades y asentamientos en crecimiento (IPCC, 2019). De acuerdo con el análisis, este impacto se da especialmente en regiones costeras y montañosas.

Los riesgos y afecciones consecuencia del cambio climático están siendo cada vez más evidentes. Los daños más remarcados, se proyecta que sucederán para el año 2050, sin embargo, con el paso del tiempo, los impactos climáticos seguirán incrementando. El riesgo al que se enfrenta la población no se verá de manera uniforme e inmediata, sino será paulatino, afectando a determinados territorios primero y aquellos que aún se encuentran en vías de desarrollo los percibirán después. Cabe destacar, que las

comunidades establecidas en asentamientos humanos informales tendrán mayor exposición al riesgo, así como menor capacidad de adaptación.

Toda la población se encuentra en riesgo ante las consecuencias adversas del cambio climático, cabe destacar que las mujeres y niños son quienes se encuentran en mayor riesgo dentro de las poblaciones mayoritarias (IPCC, 2019). Uno de los principales factores que incrementa la vulnerabilidad ante el entorno cambiante es la infraestructura con la que cuenta cada ciudad, de ello depende el modo de vida, tanto de ciudades como de habitantes.

Las movilizaciones demográficas son un fenómeno que va en aumento y difícilmente se detendrá. Se prevé que otros 2.5 millones de personas vivirán en zonas urbanas en el año 2050. Sin embargo, las áreas urbanas se consideran ubicaciones de alto riesgo debido al clima proyectado, los eventos extremos, la urbanización no planificada, aunado el acelerado cambio en el uso del suelo. Estas situaciones podrían amplificar las tensiones preexistentes relacionadas con la pobreza, la informalidad, la exclusión y la gobernanza.

El cambio climático aumenta los riesgos de estrés térmico en las ciudades y amplifica la isla de calor urbano en las ciudades a niveles de calentamiento de 1.5° C y 2 °C, ambos sustancialmente mayores que en los climas actuales (IPCC, 2019). El peligro impulsado por inundaciones y sequías también aumentarán en las ciudades. Las poblaciones urbanas se encontrarán expuestas a sequías severas, por otra parte, se espera que las áreas urbanas ubicadas en zonas inundables o tierras secas expuestas a inundaciones de alta frecuencia aumenten significativamente para el año 2030.

Las proyecciones climatológicas no son favorables, ya que la probabilidad de experimentar climas con temperaturas o precipitaciones extremas es casi inevitable para la mayoría de las zonas urbanas, cuyos impactos podrían verse reflejados en la disponibilidad de agua dulce, la seguridad ambiental regional, la salud humana y los productos industriales (IPCC, 2019). A nivel mundial, los sistemas de infraestructura

urbana son la clave de creación de riesgos que potencialmente generan riesgos compuestos.

La rápida urbanización que omite la planeación territorial, hace que la expansión urbana se realice en sitios propensos a inundaciones o deslizamientos de tierra que perturben las redes de transporte, que los recursos hídricos y energéticos sean insuficientes para satisfacer las necesidades de los asentamientos en crecimiento, cuyos efectos adversos se ven reflejados en la calidad de vida.

Los riesgos de infraestructura se expanden más allá de los límites de la ciudad; los daños representan una carga financiera significativa para los países, alcanzando importantes cifras de inversión para repararlos (IPCC, 2019). Las proyecciones realizadas por el IPCC sugieren que 350 millones (± 158.8 millones) de personas más en las zonas urbanas estarán expuestas a la escasez de agua por sequías graves a 1.5 ° C de calentamiento y 410.7 millones (± 213.5) a 2°C de calentamiento.

Los efectos del cambio climático tienen un efecto dominó en la humanidad y en el planeta. Existen fenómenos que suceden de forma natural, fungen como procesos de autorregulación en el planeta, sin embargo, las actividades económicas desempeñadas en la ciudad, el cambio de uso de suelo, que transforma comunidades rurales en urbanas a corto plazo, buscando en mejorar la calidad de vida, pero que omite la planeación que incluya mantener áreas verdes y preservar los cuerpos de agua, está tendiendo consecuencias irreversibles.

1.3.2. Problemas ambientales urbanos

Las modificaciones tradicionales de las estructuras en las ciudades y la contaminación antropogénica han alterado de forma significativa el clima de las áreas urbanas (Fang. et al., 2021). Son las actividades económicas las que han desatado el acelerado incremento de contaminación urbana, ya que la urgencia de satisfacer las necesidades

básicas, además de seguir un estilo de vida capitalista, tiene consecuencias poco favorables para la humanidad.

En el proceso de urbanización y modificaciones al entorno, se suscitan diversas circunstancias (Schejtnan et. al., 2008), principalmente el crecimiento urbano que suele omitir la planeación que considera integrar en la urbe elementos del medio natural, cuyas modificaciones tendrán impactos (favorables o no favorables) dependiendo del área donde se establezcan.

a) Los elementos interactúan entre sí, de tal forma que, a determinada acción sobre uno de ellos, se originan reacciones en los demás elementos del lugar, inclusive en otros lugares, dichas acciones no son reversibles.
b) El medio natural solo tiene una capacidad de adaptación a elementos ajenos a él y modificaciones en sus procesos naturales.
c) Los recursos del medio natural son limitados, además de que la mayor parte de ellos no son renovables o re generables.
d) Todos los elementos del medio natural conforman ecosistemas, es decir, una integración de elementos vivos y no vivos que actúan entre sí de manera específica.

Las características del entorno se modifican con el paso del tiempo para satisfacer las necesidades humanas, cuyos cambios se ven reflejados en la reducción de la cantidad de evaporación, alertándose el ciclo hidrológico y provocando pérdidas de humedad del suelo, en consecuencia, disminuye la capacidad acuífera. De esta manera, se da una posible pérdida del resto de la vegetación, así como las cualidades del suelo a causa de la erosión.

Debido a la expansión de la escala de la ciudad y a la distribución desequilibrada de edificios urbanos, surgen problemas ambientales como el efecto de las islas de calor urbanas, la contaminación del aire y el aumento del consumo de energía urbana, mismos que se han convertido en factores limitantes importantes que afectan el desarrollo saludable de las ciudades (Zhang y Zhai, 2017). A pesar que es una situación que afecta

a la población residente en zonas urbanas, y que exacerba con el paso del tiempo, no todas las ciudades tienen la oportunidad de mitigar los efectos adversos que estas propician.

En las ciudades, los efectos de las actividades antropogénicas alteran el balance de radiación y el flujo natural del aire, el balance del vapor de agua y aumenta la emisión de calor, vapor de agua y contaminantes (Oke, 2006). Esto genera modificaciones al clima macro escalar, originando el llamado “clima urbano”, que se refiere a condiciones climáticas propias de las áreas urbanas y que no se genera en áreas naturales, cuyo principal fenómeno lo constituye la isla de calor urbana, que tiene incidencia en la calidad de vida de sus habitantes, ya que puede generar afecciones a la salud como golpes de calor o deshidratación severa.

La contaminación tiene tres medios físicos receptores de ella: agua, aire y suelo (Ortega y Rodríguez, 1994). Hay dos medios importantes que esparcen los contaminantes a los medios receptores: aire y agua, favoreciendo el transporte de contaminación y su respectivo intercambio entre los tres medios receptores. De esta manera, se va generando un complejo entramado de transferencias de contaminantes primarios (aquellos que son vertidos directamente desde fuentes contaminantes) y la posibilidad de producir reacciones entre ellos con otros elementos y sustancias presentes en el medio, dando lugar a los contaminantes secundarios.

Contaminación del suelo

Se ha convertido en medio receptor de multitud de sustancias potencialmente contaminantes que afectan la calidad de vida humana, la producción de alimentos y contamina el agua (Ortega y Rodríguez, 1994). La transferencia de las sustancias contaminantes del suelo se efectúa a la atmósfera mediante fenómenos de evapotranspiración, al agua subterránea por infiltración de lixiviados, al agua superficial por escorrentía, y a las plantas por incorporación a través de raíces o por adsorción.

Contaminación del agua

El agua al ser un disolvente universal y por tener gran capacidad de transporte de sustancias en suspensión o solución coloidal, no aparece nunca en estado puro, por lo tanto, es complicado medir el grado de contaminación si no se conocen las características físicas, químicas y biológicas del agua.

Existen reglamentos que determinan los parámetros físicos y químicos para uso del agua, dependiendo el empleo destinado al agua implica una degradación en los requerimientos de calidad: el agua de abastecimiento es la que requiere de un mayor control, seguida de aquella que se usará en sanitarios y finalmente aquella destinada para riego de cultivos (Ortega y Rodríguez, 1994).

Las fuentes de contaminación del agua pueden clasificarse en dos tipos. el primero se refiere a las fuentes localizadas, abarca núcleos urbanos, minería e industrias. El segundo consiste en las fuentes difusas, donde se da la utilización de fertilizantes, productos fitosanitarios y deposición de contaminantes atmosféricos. La transferencia de contaminantes acuáticos a la atmósfera se produce por fenómenos de evaporación, evapotranspiración y volatilización. Al suelo, por sedimentación.

Contaminación del aire

Es el caso más alarmante de contaminación ambiental (Ortega y Rodríguez, 1994). La actividad humana está alterando la compleja mezcla de gases que forman la atmósfera, ya que en la tropósfera (lugar donde se desarrolla la actividad humana), 99% está conformada por nitrógeno, oxígeno y gases nobles. El resto son los denominados gases traza: dióxido de azufre (único contaminante atmosférico, en que las emisiones naturales superan las antropogénicas, óxidos de nitrógeno, dióxido de carbono, halo carburos). Las concentraciones de estos gases, son las causantes de fenómenos locales y globales de consecuencias poco claras y preocupantes.

1.3.3. Contaminación atmosférica urbana

El informe del IPCC (Panel Intergubernamental del Cambio Climático) enfatiza el punto central que aborda los combustibles fósiles, aunado a las nuevas políticas que se han diseñado para regular el uso de carbón, petróleo y gas (Planelles, 2022). Las estrategias para tratar de mejorar las condiciones climáticas, se han procrastinado a tal grado, que la oportunidad de mantener los efectos catastróficos del calentamiento global se ve considerablemente reducida (ver Tabla 8).

Previamente se han celebrado una serie de acuerdos y convenios que tienen como objetivo mantener y preservar el medio ambiente, entre ellos destaca el Acuerdo de París el cual fue adoptado el 12 de diciembre de 2015 y entró en vigor el 4 de noviembre de 2016, establece que las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero alcancen el pico antes de 2025 para luego caer de forma rápida y profunda en los siguientes 30 años hasta casi desaparecer en la segunda mitad del siglo.

Sin embargo, se ve complicado lograr esta estrategia, ya que los planes climáticos actuales establecidos por los gobiernos del mundo, proyectan un crecimiento continuo de contaminantes durante esta década (Planelles, 2022).

Tabla 8 Entregas del IPCC

Entrega del IPCC	Fecha de publicación	Tema central	Conclusión
Primera	Agosto de 2021	Bases físicas del calentamiento	La humanidad es la responsable de acelerar e intensificar los fenómenos meteorológicos extremos, causando daños irreversibles en el planeta.
Segunda	Febrero de 2022	Consecuencias del cambio climático	El alcance y magnitud son mayores de lo que se había estimado hasta ahora, dejando en gran

			vulnerabilidad a la mitad de la población.
Tercera	Abril de 2022	Mitigación del cambio climático	Soluciones que debe poner en marcha el ser humano para que el calentamiento se quede dentro de los límites más seguros.

Fuente: Elaboración propia basado en Planelles (2022).

Ante la situación de contaminación atmosférica experimentada y en proceso de exacerbarse, en el Acuerdo de París, se fijó lo siguiente: el aumento de la temperatura media mundial no debe superar los 2° Celsius respecto a los niveles preindustriales, y en la medida de lo posible los 1.5° C. En estos momentos, el calentamiento ya está por encima de 1°C (Planelles, 2022). Para lograr que el calentamiento no sobrepase los 2 grados, las emisiones en 2030 deberán ser un 27% menores. Posteriormente, para 2050 la reducción tendrá que estar en un 63%, tomando como referencia las emisiones de 2019.

Fuentes de contaminación atmosférica

Se definen como aquellas actividades, procesos u operaciones capaces de producir contaminantes del aire (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2018). Las fuentes de contaminación tienen diferentes orígenes (ver Tabla 9).

Tabla 9 Fuentes de contaminación atmosférica

Fuentes de contaminación atmosférica		
Tipo de fuente	**Descripción**	**Ejemplo**
Puntual	Se caracterizan por ser estacionarias o estar en un punto fijo	Plantas de energía, industrias químicas, refinerías de petróleo y fábricas.
Móvil	Abarcan todas las formas de transporte y los vehículos automotores.	Autobuses, automóviles, camiones.
De área	Todas aquellas actividades que en	Comercios, servicios y hogares.

	conjunto afectan la calidad del aire.	
Natural	Son resultado de fenómenos de la vida animal y vegetal.	Emisiones producidas por volcanes, océanos y erosión del suelo.

Fuente: Elaboración propia basado en Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, (2018).

La presencia de estos contaminantes es inevitable dentro de las ciudades, ya que la concentración poblacional, además del desempeño de diversas actividades económicas, genera de forma excesiva los contaminantes. Por lo que es necesario monitorear la actividad de los contaminantes dentro de la ciudad, ya que el cotejo adecuado de los contaminantes presentes en la atmósfera, muestra la situación actual del nivel de contaminación presente en el entorno, su evolución (favorable o desfavorable) que facilite la toma de decisiones para obtener una mejor calidad ambiental.

Sistemas de Monitoreo de la Calidad del Aire

Un Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire (SMCA) es una herramienta utilizada por las autoridades ambientales para medir la calidad del aire a la que la población se encuentra expuesta (Gobierno del Estado de México, 2018). La información generada por dicho sistema es importante, los datos obtenidos, permiten establecer medidas para proteger la salud pública; además de ser utilizados para emitir contingencias atmosféricas, diseñar y evaluar políticas públicas, acciones y estrategias enfocadas a mejorar la calidad del aire que la población respira diariamente.

Los SMCA están regidos por la Norma Oficial Mexicana NOM-156-SEMARNAT-2012, donde se describen las características y reglas para operación, mantenimiento y gestión de la información recaudada. Esta norma indica que aquellas zonas urbanas que cumplan con las siguientes características están obligadas a tener un SMCA:

a) Asentamientos humanos con más de quinientos mil habitantes.
b) Zonas metropolitanas y conurbaciones.
c) Asentamientos humanos con emisiones superiores a veinte mil toneladas anuales de contaminantes criterio primarios a la atmósfera.
d) Zonas con significativa actividad industrial.

A nivel nacional, los Sistemas de Monitoreo de la Calidad del Aire se encuentran establecidos en las zonas metropolitanas del país. Entre ellos destaca el Centro Mario Molina (CMM, 2022), asociación civil creada en 2004, su propósito es encontrar soluciones prácticas y realistas a problemas relacionados con la protección del medio ambiente, el uso de energía y la prevención del cambio climático, fomentando el desarrollo sustentable.

Enfoca el conocimiento científico en el diseño o transformación de políticas ambientales y energéticas; propone soluciones reales que respondan a necesidades específicas y prioritarias en materia de energía y medio ambiente, contribuyendo a elevar el nivel de vida y el bienestar de la población, aplicando conocimientos interdisciplinarios, colaborando con gobiernos, universidades, instituciones, empresas privadas y organismos nacionales e internacionales (CMM, 2022).

A nivel local, la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA) de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca, inició su operación en 1975, y en 1987, la Facultad de Química de la Universidad Autónoma del Estado de México inició su colaboración en la RAMA, misma que es administrada por la Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Estado (Estado de México, 2022). El establecimiento de esta red de monitoreo atmosférico busca cumplir con los siguientes objetivos:

a) Evaluar la calidad del aire en una zona establecida, mediante la generación de indicadores de la calidad del aire.
b) Crear las medidas necesarias para controlar la contaminación.
c) Observar la tendencia de los contaminantes a lo largo del tiempo.
d) Evaluar el cumplimiento de los estándares de calidad del aire y brindar información en caso de situaciones de alerta, alarma y emergencia.
e) Obtener una base de datos para planear la distribución del suelo y del transporte.
f) Conocer el impacto que ejercen ciertos contaminantes sobre la población.
g) Proporcionar datos para el desarrollo y la validación de modelos.
h) Desarrollar estrategias de control para prevenir problemas por contaminación, o bien, eliminarlos.

El establecimiento de una Red Automática de Monitoreo Atmosférico, representa el conteo de contaminantes presentes en la ciudad, por lo tanto, es posible diagnosticar el nivel de concentración de diversos contaminantes y los fenómenos que podría desencadenar, entre ellos lluvia ácida, smog, nieblas ácidas, efecto invernadero, islas de calor, entre otros.

1.3.4. El fenómeno Isla de Calor Urbano (Urban Heat Island)

Fenómeno donde las áreas urbanas experimentan temperaturas más altas que las áreas adyacentes (McCartney y Mehta, 2020). El término describe el calor característico tanto de la atmósfera como de las superficies en las ciudades o áreas urbanas comparadas con sus entornos no urbanizados (Zepeda, 2015). La diferencia de temperatura tiene que ver con los cambios en las propiedades radiativas y térmicas de las superficies impermeables (o sea, edificios y pavimento que absorben calor). Hay dos tipos de islas de calor: de superficie y atmosféricas (de aire).

La isla de calor de superficie (Surface Urban Heat Islands o SUHI), representan la diferencia de temperatura radiativa entre superficies impermeables y superficies naturales (McCartney y Mehta, 2020). Sus características son: mayor intensidad cuando brilla el sol, su magnitud varía dependiendo la estación del año, sin embargo, son más intensas en verano, se miden a través de procesos de teledetección en la región infrarroja térmica (TIR) del espectro electromagnético (EM).

La isla de calor urbano atmosféricas (Atmospheric Urban Heat Islands o AUHI), cuyos efectos se ven reflejados en la capa del dosel (Canopy layer heat island o CLHI), que consiste en la capa de aire que va desde la superficie, hasta la copa de los árboles o tejados (McCartney y Mehta, 2020). El método de medición se realiza in situ, mediante sensores montados en estaciones meteorológicas fijas o en trasversales móviles.

Por otra parte, las islas de calor en la capa fronteriza (Boundary layer heat islands o BLHI) extienden desde las copas de los árboles o tejados hasta el punto donde los

paisajes urbanos ya no influyen la atmósfera (1.5 km). El método de medición se lleva a cabo a través de torres altas, radiosondas y aeronaves (McCartney y Mehta, 2020).

El término isla de calor urbana se usa para describir el calor característico tanto de la atmósfera como de las superficies en las ciudades o áreas urbanas comparadas con sus entornos no urbanizados (Zepeda, 2015). El aumento de zonas pavimentadas, es consecuencia del proceso de urbanización experimentado a nivel mundial (Fernández, 1996), cambios urbanos como la densificación y construcción de unidades habitacionales ha modificado las condiciones físicas y climatológicas.

Esto se debe a que se utilizan materiales que retienen el calor, propiciando el fenómeno de isla de calor urbano, término propuesto por Gordon Manley en 1958. Según Grimmond (2007), Rizwan, Dennis y Liu (2008), las características de los materiales utilizados en la construcción de áreas urbanas no permiten la evapotranspiración, además de absorber y retener mayores cantidades de calor que la vegetación y otras coberturas naturales.

Las islas de calor urbanas son un ejemplo de los cambios microclimáticos provocados por los humanos (Grimm et al., 2008). Se forman a partir de alteraciones en el intercambio de energía como consecuencia de la disminución de las áreas verdes. Son la principal razón de que la temperatura del aire sea superior en las metrópolis en comparación al ambiente rural circunvecino (Alberti, 2008).

La disponibilidad del agua es baja en las grandes ciudades del mundo y todavía menor en países con poco desarrollo económico (O´Hara y Georgakakos, 2008). Esta escasez se agudizará por el cambio climático, pues se incrementará la ocurrencia y duración de las sequías (Gill et al., 2007). Debido a las sequías, la cobertura verde de las ciudades tendrá una reducción considerable.

La baja disponibilidad de agua propicia estrés hídrico en la vegetación urbana (Foster y Blaine, 1978), en consecuencia, se acorta la longevidad de los árboles, causa importante de la muerte de árboles jóvenes cuando se llevan a cabo proyectos de forestación y reforestación en ciudades. La sequía se agrava porque el pavimento y la compactación del suelo disminuyen la infiltración de agua al sistema radical.

La morfología e intensidad de las islas de calor dependerá directamente de las características del área verde, el nivel de vegetación, el tipo de especies, el mantenimiento, frecuencia de riego, el tipo de materiales de construcción y el balance energético de la zona en la que se encuentren, ya que esto determinará el impacto que tendrán sobre las islas de calor urbanas (Salas y Herrera, 2017). En contraste, la EPA (United States Environmental Protection Agency, 2023), describe los siguientes elementos favorecedores de las islas de calor (ver Tabla 10).

Tabla 10 Causas de las islas de calor urbano

Causas de las islas de calor urbano	
Geometría urbana	Los edificios altos actúan como obstáculos y reducen el flujo de viento, el cual traería efectos refrescantes.
Meteorología	El tiempo calmado y despejado permite que la máxima cantidad de energía solar llegue a las superficies urbanas. De modo converso, los vientos fuertes y cielos nublados suprimen la formación de islas de calor urbano.
Geografía	Los grandes cuerpos de agua pueden moderar la temperatura mientras que las montañas cercanas pueden bloquear vientos o crear patrones de vientos que atraviesan una ciudad.
Albedo e Infraestructura	El asfalto, el cemento y el ladrillo absorben (en lugar de reflejar el calor del sol), causando que las temperaturas de la superficie y del aire aumenten debido a su capacidad de almacenamiento térmico.
La vegetación reducida en las áreas urbanas	Minimiza los efectos refrescantes naturales de la sombra y la evapotranspiración del suelo y la vegetación.
Calor antrópico	Los vehículos, los equipos de aire acondicionado, los edificios y las instalaciones industriales emiten calor al ambiente urbano.

Fuente: Elaboración propia basado en EPA (2023).

Para la investigación, se seleccionó el análisis de las islas de calor urbano de superficie (SUHI), cuyo monitoreo plasma la diferencia de la temperatura de la superficie de la tierra (LST) en áreas urbanas en relación a áreas no urbanas, determina los puntos cálidos dentro de las áreas urbanas, se miden usando datos satelitales, mediante procesos de teledetección térmica satelital, mide SUHI proporcionando observaciones consistentes y repetibles de la superficie de la Tierra (Weng, 2009).

La distribución de edificios (Chen et. al., 2021; Song et. al., 2020) y los cambios en diferentes formas de edificios pueden afectar profundamente la eficiencia de la ventilación de las ciudades. La ventilación urbana ha sido enfatizada en la práctica y clasificada en esquemas clave de planeación urbana (Luo et. al. 2017). La ventilación urbana óptima (Fang et al., 2021), puede mejorar la capacidad de flujo de aire y reducir el consumo de energía del edificio en el verano, lo que desempeña un papel importante en el alivio del efecto de isla de calor urbano. La vegetación urbana también juega un papel fundamental para el enfriamiento de las ciudades, además de su inclusión en el diseño urbano es importante, tanto en la preservación de áreas naturales como el diseño de nuevos sitios recreativos.

1.3.5. Vegetación urbana

La implementación de vegetación urbana, se rige bajo una serie de reglamentaciones que fueron diseñadas de acuerdo con las características del lugar donde se va a implementar. En este caso se considera el Manual de vegetación urbana, diseñado para el municipio de Toluca en 1994. Este manual busca lograr los objetivos:

a) Contar con un instrumento de referencia que indique los criterios técnicos necesarios para efectos de arborización urbana.
b) Señalar las características propias de los espacios abiertos sujetos de arborización, para ejecutar acciones acordes con la función y requerimientos de estos al interior de la ciudad.
c) Indicar las especies más adecuadas para llevar a cabo acciones de arborización, considerando el crecimiento, desarrollo y requerimientos de cada especie.

La vegetación urbana rompe la monotonía de espacios áridos y grises, y otorga un sentido de identidad y atractivo a la imagen urbana de la ciudad, que se traduce en un proceso de vinculación entre los procesos sociales y naturales. Los aspectos que inciden

de manera directa en la precisión de normas y criterios de arborización urbana, definen la importancia funcional y características de aquellos espacios abiertos sujetos de arborización, alternando con la naturaleza de las especies analizadas, se encuentre el punto de correspondencia entre ambos criterios (espacios y especies), de esta forma definir la pauta a seguir en las labores de arborización.

Espacios abiertos según su función y características al interior de la ciudad

a) Vialidades

Se agrupan dependiendo su capacidad de tráfico, la velocidad de circulación permitida y su jerarquía al interior de la ciudad. Es necesario considerar elementos como el derecho de vía, existencia de camellones (centrales o secundarios), glorietas, distribuidores y cruces importantes a lo largo de vialidades, etc. (ver Tabla 11).

Tabla 11 Clasificación de las vialidades en la ciudad

Clasificación de las vialidades en la ciudad	
Vialidad regional	Permiten un alto volumen de tráfico vehicular de todo tipo a velocidades relativamente altas, comunica en ámbito regional.
Vialidad primaria	Son avenidas más importantes de la ciudad, suelen tener un camellón continúo evitando cruces importantes que restan fluidez al tráfico. En casos donde cruzan con otras vialidades del mismo tipo, existen elementos visuales y de referencia como glorietas o distribuidores, cuya función es agilizar el tráfico en esos puntos.
Vialidad secundaria	Su servicio se restringe a sectores determinados de la ciudad, conectando dichas áreas con vialidades primarias, diferenciándose de ellas en función de distancias y volumen de movimientos que generan.
Vialidad local	En conjunto, ocupan mayor proporción del espacio de la ciudad, dan acceso directo a predios y edificios donde reside o desarrolla sus actividades la población.
Vialidad peatonal	Uso exclusivo de peatones, por la reducida velocidad del trayecto y por el tipo de actividad que en estas vialidades se realizan (comerciales principalmente) su sensibilidad y campo visual provocan que el peatón aprecie más sus detalles.

Fuente: Manual de vegetación urbana (1994).

b) Parques y jardines

Los parques y jardines buscan favorecer a la conservación de áreas verdes dentro de las zonas urbanas, además, cumplen con el objetivo de rehabilitar, aprovechar, crear y cuidar de estas, ya que cumplen una serie de funciones relacionadas con el medio ambiente, aunado con la calidad ambiental (Gobierno Municipal de Zapotlán, 2021). Los lugares donde se establecen este tipo de equipamiento urbano, se concentra en fuentes, plazas, monumentos y espacios verdes dentro de las localidades o municipios. (ver Tabla 12).

Tabla 12 Clasificación de parques y jardines en la ciudad

Clasificación de parques y jardines en la ciudad	
Parque regional	Su dimensión y densidad de utilización es para fines forestales y de control ambiental, además de tener fines de recreación y esparcimiento.
Parque recreativo	Contiene elementos importantes de arborización, sus condiciones de infraestructura permiten la realización de actividades recreativas y de esparcimiento al interior de la ciudad.
Jardín vecinal	Áreas verdes dispersas al interior de la ciudad, se utilizan con fines paisajísticos, control ambiental en menor escala, con fines recreativos y de esparcimiento.

Fuente: Manual de vegetación urbana (1994).

c) Plazas

Espacio libre circundado por construcciones, su función principal es ser un punto de reunión al interior de la ciudad. A partir de la existencia de importantes áreas libres a su interior, estas se constituyen como espacios sujetos de arborización, con fines paisajísticos.

d) Instalaciones especiales

Permiten el desarrollo de determinadas actividades al aire libre, donde se conjuga el manejo de espacios construidos sobre grandes áreas libres, por lo que son sujetas de arborización. Bajo este rubro se encuentran considerados los panteones, ya sea para llevar acciones de habilitación o rehabilitación.

e) Estacionamientos públicos

Elemento retomado a partir de sus características de superficie disponible y sujeta de arborización, lo cual le asigna una función paisajística y de integración con las áreas, especialmente comerciales.

f) Zonas industriales

Espacios caracterizados por sus dimensiones en áreas libres y de vialidad, cuya arborización armoniza con el tipo de actividades que se desarrollan en su contexto.

Determinar los componentes que integrarán la ciudad, permite establecer las especies vegetales que se pueden colocar en el entorno urbano, de acuerdo con los criterios establecidos en Fuentes Oficiales, los cuales se encuentran plasmados en el apartado Marco Legal, considerando los criterios establecidos en el Manual de vegetación urbana (1994).

1.4. Metodología

Para el desarrollo de la presente investigación, se hace uso del método hipotético-deductivo propuesto por Karl Popper en 1934, mismo que se resume a un constante complemento de conocimientos que se van sumando con el paso del tiempo, a través de la recolección de datos que permiten aceptar o rechazar la hipótesis plasmada a través de la perspectiva del investigador.

Su ideología propuesta por Karl Raimund Popper, señala que no siempre es posible justificar las teorías que se establecen, ni siquiera probar que son probables, por lo que se puede realizar una crítica de forma racional y objetiva, misma que busca eliminar aquellos errores al servicio de la verdad, distinguiendo teorías mejores y peores (citado en Banegas et.al., 2000, p. 328).

La metodología busca determinar cuáles son los posibles elementos que pueden generar la isla de calor urbano en el municipio de Metepec, por lo que es importante realizar la caracterización biofísica, sociodemográfica y económica del área de estudio, para realizar un diagnóstico que facilite la determinación de la presencia de islas de calor. Por otra parte, a través de un análisis especializado, detectar este fenómeno para poder dar paso al diseño y propuesta de estrategias para posible control o mitigación de efectos adversos.

1.4.1. El método hipotético-deductivo de Karl Popper

Karl Popper es considerado el autor intelectual del racionalismo crítico, cuyas consideraciones plasman que la ciencia existe gracias a la posibilidad de teorizarla, estableciendo sistemas lógicos que puedan contrastarse con evidencia empírica (Hernández, 2008), omitiendo la posibilidad de adquirir conocimiento solo de observaciones, por lo que la comprensión de los modelos del inductivismo y deductivismo, que representan abstracciones de la realidad, no pretenden reproducirla, sino entenderla de forma lógica.

a) Inductivismo: Considera la observación y la sensación como el principio de toda teoría científica.
b) Deductivismo: Proclama la necesidad de plantear problemas a partir de los cuales sugerir hipótesis alternativas, con el propósito de explicar las observaciones que se obtienen de los fenómenos estudiados.

Las aportaciones de conocimiento riguroso a las relaciones causales-estructurales que subyacen en la lógica y la naturaleza del objeto de estudio, proporciona pistas para comprender mejor la historia o el proceso por el que ha atravesado (Garnier, 2004). Cuando se estudia un fenómeno a partir de identificar un problema, da origen a una teoría, misma que debe contrastarse con evidencia empírica (Hernández, 2008), ya que en muchas ocasiones el investigador puede manipular las observaciones con el propósito de que la realidad coincida con su teoría.

Hacer uso de este tipo de enmiendas para que una teoría tenga validez, se denomina estratagemas convencionalistas (Popper, 1959), siendo hipótesis auxiliares ad hoc utilizadas para enmendar una teoría cuando parece que la evidencia empírica refuta sus implicaciones. Esta técnica impide falsar una teoría.

De acuerdo con Karl Popper, la ciencia solo tiene un cuerpo de conocimiento tentativo sujeto a constante corroboración, por lo que no puede estimarse nunca como verdadero (Hernández, 2008). La idea principal de su teoría, establece que observar no es suficiente para generar conocimiento científico, sino que es necesario establecer problemas que permitan la complementariedad en investigaciones próximas.

El método hipotético-deductivo establece que la lógica de la investigación científica está basada en formular una ley universal, a partir de ello se establecen condiciones iniciales relevantes que constituyen la premisa básica para construir teorías.

La ley universal puede corresponder a una proposición como la siguiente: *Si "X sucede, Y sucede" o en forma estocástica "X sucede si Y sucede con probabilidad P"* (Hernández, 2008, p. 186). Una consecuencia derivada de formular leyes universales, es la simetría existente entre la explicación (que tiene lugar a posteriori) y la predicción (funciona a priori).

En su obra La Lógica de la investigación científica, Karl Popper destaca la importancia del uso del método hipotético-deductivo, distinguiendo la asimetría existente entre la inducción y deducción, resaltando la diferencia trascendental existente entre la verificación y falsación, siendo este último un concepto popperiano que señala cuando una teoría científica sólo puede sobrevivir si no ha sido rechazada por evidencia empírica, por lo que no significa que ha sido verificada, sino solamente corroborada (Hernández, 2008).

Los casos aparentes de inducción, son el método de ensayo y error (Banegas et. al., 2000), de conjeturas y refutaciones, donde una hipótesis no es generada por los datos sino inventada por científicos para dar cuenta de las observaciones que forman parte del problema que la hipótesis trata de resolver.

El principio fundamental del racionalismo crítico y el método hipotético-deductivo, consiste en establecer hipótesis. De una hipótesis a contrastar, en conjunto con las condiciones iniciales del estudio, se deducen lógicamente una o varias predicciones (Banegas et. al., 2000), posteriormente estas se confrontan con la experiencia de estudios emprendidos para contrastar de forma rigurosa la hipótesis.

De acuerdo con una visión falsacionista, la discrepancia entre la teoría y evidencia empírica, muestra que la teoría no pudo ser corroborada y debe ser abandonada. Por otra parte, la visión propuesta por Lakatos, explica que la diferencia no implica que el programa deba ser abandonado, sino solamente enmendado definiendo nuevas hipótesis auxiliares.

Desde la perspectiva Popperiana, si las predicciones concuerdan con los resultados del estudio, se decide que quedan verificadas y la hipótesis queda provisionalmente corroborada; pero si la decisión es negativa, la teoría queda deductivamente falsada (rechazada), incluso de forma provisional (Banegas et. al., 2000). Si una teoría concuerda con los hechos de ésta, puede que aún sea falsa (sus predicciones pueden ser explicadas por otras hipótesis alternativas), por lo que se puede esperar su plausibilidad provisional (en términos popperianos, se refiere a la corroboración).

La evidencia no presta apoyo (probabilístico) inductivo a la hipótesis, no apoya nada dentro de la hipótesis salvo la parte del contenido de ésta, incluyendo la evidencia (Popper & Miller, 1987). No obstante, si una teoría ha sido bien corroborada, es probable que se parezca a la verdad (Banegas et. al., 2000), que se parezca a los hechos que ocurren en la realidad.

1.4.2. Metodología para la caracterización del componente biofísico

Los elementos naturales presentes en el área de estudio son representativos e impactan de forma directa los fenómenos que ocurren en entornos rurales y urbanos, además de

ser la base de la sustentabilidad en las ciudades, ya que de ellos depende la calidad de vida que tendrán los seres vivos que residen en las urbes, por lo tanto, para su caracterización se tomaron en cuenta los elementos descritos y desarrollados en planes de desarrollo urbano.

a) Delimitación del área de estudio (latitud, altitud y localización).
b) Delimitación de la subcuenca a partir de las características hidrológicas (morfometría), hidrología superficial, hidrología subterránea, disponibilidad y calidad del agua.
c) Características climáticas, entre ellos la descripción de climas, precipitación, análisis de temperaturas mínimas, máximas y promedio.
d) Geología: descripción del tipo de roca o material, hectáreas ocupadas a nivel superficial y porcentaje de cobertura respecto al municipio.
e) Edafología: descripción del tipo de suelo o material, hectáreas ocupadas a nivel superficial y porcentaje de cobertura respecto al municipio.
f) Tipos de vegetación y uso de suelo, descripción y clasificación, hectáreas ocupadas a nivel superficial y porcentaje de cobertura respecto al municipio.

Los insumos para realizar la respectiva caracterización, se obtuvieron del Marco Geo Estadístico Nacional, el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad, CONAGUA y Fuentes Oficiales locales. Por medio de Sistemas de Información Geográfica (ArcGis), se realizaron geo procesamientos necesarios para caracterizar el municipio de Metepec, por medio de percepción remota, se obtuvieron las características necesarias, cuya información complementará con fuentes oficiales en caso de ser necesario.

1.4.3. Metodología para la caracterización demográfica

La concentración poblacional dentro del área de estudio es un factor importante para el desarrollo de la investigación relacionada con las islas de calor urbano, ya que funge

como agente generador del fenómeno, pero también como población afectada por este. Obtener un diagnóstico respecto a la demografía del área de estudio permite adaptar las estrategias de acuerdo a las necesidades del sector poblacional, haciendo hincapié en la población vulnerable. Los elementos a describir abordan los siguientes aspectos:

a) Descripción de la organización territorial.
b) Descripción y estructura de la población (tendencias demográficas, población total, densidad de población, crecimiento histórico poblacional y proyecciones).
c) Descripción de los centros de población y grado de urbanización.
d) Análisis histórico de la evolución de localidades que conforman el área de estudio.
e) Jerarquización de las localidades del municipio (primer orden, segundo orden o tercer orden).
f) Movimientos migratorios presentes en el área de estudio.
g) Análisis del grado de marginación y desarrollo urbano.

La información se obtuvo de bases de datos demográficas proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), y fue complementada por sitios web y Fuentes Oficiales del área de estudio, de ser necesario, se realizaron mapas temáticos que expliquen el comportamiento demográfico dentro de la región, de esta manera se determinaron las áreas con mayor concentración poblacional, además de obtener áreas de oportunidad y limitaciones relacionadas con la formación y sus estrategias para controlar las islas de calor.

1.4.4. Metodología para la caracterización socioeconómica

Se realizó un análisis de actividades productivas y dinámicas de crecimiento que ha experimentado el área de estudio, ya que de estas depende el grado de emisiones hacia la atmosfera. La actividad antropogénica es una de las causas principales de contaminación ambiental, especialmente de la atmosfera. La caracterización económica se desarrolló a través de descripciones de elementos económicos como:

a) Población económicamente activa.
b) Población ocupada por sector de actividad.
c) Ingreso (percepción salarial de la población).
d) Distribución de la población ocupada por actividad económica municipal.
e) Producción económica y rendimiento de cultivos.
f) Producción pecuaria.

En los casos donde fue necesario, se realizó el mapa temático correspondiente que explique el comportamiento de la dinámica económica en el municipio, mismo que se elaboró con herramientas proporcionadas por Sistemas de Información Geográfica Vectorial, cuyos insumos se obtuvieron del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad. Por otra parte, también se realizó investigación a través de fuentes documentales, para complementar la información socioeconómica, valiéndose de fuentes oficiales locales.

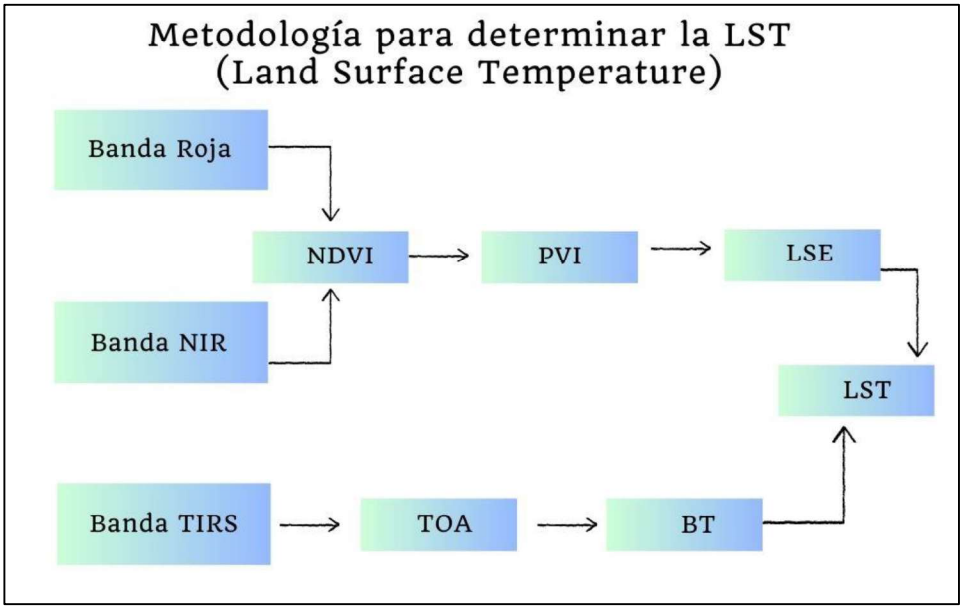
1.4.5. Caracterización del medio físico artificial

El aspecto relacionado con el medio físico artificial representa el punto focal para el desarrollo de la investigación, ya que se describen los elementos urbanos que tienen posible influencia en el cambio del microclima urbano, además de ser la base para determinar los puntos que favorecen la formación de las islas de calor, y evaluar la posibilidad de implementar estrategias dentro de esos elementos, para reducir los aspectos que favorecen la formación de las islas de calor urbano. Los aspectos a describir son:

a) Descripción del equipamiento urbano (insumos obtenidos a través de fuentes oficiales locales).
b) Determinación de las islas de calor, haciendo uso de la metodología para determinación de Land Surface Temperature (LST) (ver Diagrama 1).

Existen una serie de elementos que modifican el clima urbano: la morfología urbana, las características de las viviendas en la región (fachadas, techos, estructura de jardines), presencia de árboles, materiales con los que se encuentran pavimentadas las calles, entre otros aspectos influyentes en la concentración de temperaturas en la superficie, o lo contrario, la reflexión de la temperatura terrestre. Para ello, se realizó la determinación de LST (Land Surface Temperature), procedimiento para detectar las islas de calor.

Diagrama 1 Metodología para determinar la LST.



Fuente: MasterGis (2021).

Para determinar cada uno de los componentes necesarios para obtener la Temperatura de la Superficie de la Tierra (LST), se utilizaron las ecuaciones plasmadas y descritas en la Tabla 13.

Tabla 13 Método para determinar la LST

Método para determinar la LST		
NDVI	Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI)	$NDVI = \frac{Banda\ NIR - Banda\ Roja}{Banda\ NIR + Banda\ Roja}$
PVI	Proportional vegetation Index	$PVI = square\ (\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}})$

LSE	Emisividad de la superficie terrestre (Land Surface Emisivity)	$LSE = 0.004 * PVI + 0.986$
TOA	Radiancia espectral en el techo de la atmósfera	$L_\lambda = M_L Q_{cal} + A_L$
BT	Temperatura de brillo	$BT = K_2 / Ln(\frac{K_1}{L_\lambda} + 1)$
LST	Emisividad de la Superficie Terrestre	$LST = BT/(1 + \left(\lambda * \frac{BT}{14388}\right) * \ln(LSE))$

Fuente: Elaboración propia basada en MasterGis (2021).

El análisis se elaboró a través de imágenes satelitales obtenidas de Earth Explorer, mediante geo procesamientos que llevados a cabo a través de Sistemas de Información Geográfica de tipo Ráster, a través de la percepción remota se determinarán los puntos más cálidos del municipio de Metepec.

Una vez determinados los lugares que presentan mayor estrés térmico, se buscó conocer la perspectiva de la población residente en el área de estudio, sobre el cambio en el microclima urbano, las afecciones a la salud que han experimentado y la percepción que tienen sobre el consumo energético con fines de mejorar el confort térmico en las viviendas y la ciudad en general, lo cual se llevó a cabo mediante el método etnográfico, y aplicación de instrumentos de investigación como encuestas.

Po otra parte, no solo es importante conocer la percepción de la población, sino también la perspectiva de los futuros profesionistas es relevante, ya que de ellos depende la toma de decisiones que impactará a la sociedad en el futuro, de igual manera, se hizo uso el método etnográfico, utilizando como instrumento de investigación una encuesta, donde se indagó la perspectiva interdisciplinaria de la sustentabilidad, la importancia que tiene en la actualidad y las posibles aportaciones que pueden brindar como futuros profesionistas al campo de la sustentabilidad y preservación del medio ambiente.

Conclusiones

La sustentabilidad es un tema que comenzó a abordarse cuando el problema de la degradación del medio ambiente fue cada vez más evidente, representa dificultades para los ecosistemas, además de representar complicaciones para la salud y la economía humana. Es por ello que se abordan tres esferas: social, ambiental y económica, ya que es el balance que se debe alcanzar para mantener las condiciones de vida que conocemos, además de incluir la participación de diversos actores que conforman la sustentabilidad (gobierno, ONG, ciudadanía, universidades, etc).

Las acciones implementadas por dichos actores se pueden aplicar en una serie de escenarios, el más relevante es la ciudad, al ser un sistema sumamente complejo donde se presentan la mayor parte de los problemas ambientales de carácter antropogénico, además de ser el ente catalizador del cambio climático. El cambio de uso de suelo de las ciudades puede representar el origen del problema y las complicaciones que trae consigo, pero también en las ciudades se encuentran las posibles soluciones.

Es un hecho que los cambios que se han realizado al medio ambiente, al entorno físico y sus elementos, no volverá a ser como era originalmente, al contrario, la mancha urbana se sigue expandiendo de forma planificada o irregular, por lo tanto, el cambio de ecosistema tiene como consecuencia diversos problemas ambientales, como lo son las islas de calor, ya que las modificaciones en la temperatura son la principal evidencia de que el planeta atraviesa por serias complicaciones.

El análisis de las conceptualizaciones relacionadas con las islas de calor, las ciudades y la sustentabilidad permiten mejorar la comprensión de la situación que se está atravesando, pues no solo se analiza el origen del concepto, las causas del problema, los componentes del sistema urbano, sino es el principio fundamental de enfocar el conocimiento teórico y contrastarlo con el conocimiento empírico, comprendiendo el funcionamiento de las ciudades, sus elementos, su complejidad y vislumbrar el enfoque de la importancia de la sustentabilidad.



Capítulo 2. Marco legal y normativo

El marco normativo jurídico enlista la legislación vigente relacionada con el diseño urbano, mismo que analiza leyes y reglamentos en complementación con otros documentos que establezcan acuerdos o lineamientos en materia de urbanismo, medio ambiente, sustentabilidad y diseño urbano establecidos en la sociedad a través de dependencias gubernamentales en colaboración con autoridades federales, estatales y municipales, quienes brindan atribuciones y procedimientos a implementar dentro de la sociedad con la finalidad de regular aspectos relacionados con la protección del medio ambiente, mejora de la calidad del aire y planeación urbana.

El objetivo del presente capítulo consiste en desarrollar un marco legal específico que enliste la legislación existente en materia urbana, describiendo los criterios necesarios para implementar soluciones urbano-arquitectónicas que permitan mejorar el medio ambiente urbano, regular el microclima y la concentración de contaminantes atmosféricos en las ciudades, de esta manera alcanzar la sustentabilidad, además de lograr la habitabilidad urbana.

Se realiza una breve descripción respecto a la evolución de la legislación internacional, lo cual ha funcionado como eje rector para el diseño e implementación de la legislación nacional especializada. Posteriormente, se abordan las leyes, reglamentos, Normas Oficiales Mexicanas y Normas Mexicanas en materia de protección al medio ambiente y protección a la atmosfera a nivel nacional.

Una vez descritas las normatividades internacionales y nacionales, se explica la legislación adaptada al área de estudio en cuestión (municipio de Metepec), es decir, la Normatividad Estatal y local, aunado a las respectivas aplicaciones dentro del entorno, dando lugar al diseño de soluciones urbano arquitectónicas que se apeguen a los reglamentos establecidos, considerando las necesidades de la población y las características del lugar.

2.1.1. Legislación internacional

2.1.1. Alianzas para la Acción Climática

Las Alianzas para la Acción Climática (ACA por sus siglas en inglés), son una iniciativa implementada por la World Wildlife Fund Inc. El objetivo de estas alianzas consiste en formar coaliciones a nivel nacional cuyas acciones se enfoquen en la acción climática (WWF, 2023), realizándose a través apoyo y compromiso del público, de esta manera hacer frente a la crisis climática, comprometiendo a los gobiernos nacionales a realizar acciones que favorezcan al medio ambiente.

Las naciones que se unen entre ellas para lograr una sociedad libre de carbono, u otros contaminantes que abundan en la tropósfera, consecuencia de las actividades antropogénicas. Las coaliciones incluyen líderes subnacionales (WWF, 2023), cuyas opiniones y estrategias se diseñan e implementan a través de diversos sectores presentes en la sociedad (gobiernos estatales, locales y regionales; compañías, inversionistas y empresas; sociedad civil; instituciones académicas y culturales; organizaciones tribales y comunidades de fe; instituciones de salud, etcétera).

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) está conformada por miembros provenientes de organizaciones de carácter gubernamental y de la sociedad civil, en conjunto representan a la autoridad mundial que monitorea el estado del mundo natural, e implementa las medidas necesarias para salvaguardarlo (UICN, 2022). La UICN cuenta con la experiencia, recursos y alcance de más de 1400 organizaciones Miembro, además de complementarse con las aportaciones de aproximadamente 18,000 expertos.

Esta Unión reúne a las organizaciones que tienen mayor influencia en el mundo, con información respaldada por expertos a nivel mundial, cuyo trabajo en equipo facilita la conservación de la naturaleza, acelerando la transición al desarrollo sostenible. Para ello,

es necesario actualizar y coordinar a este grupo de expertos, por lo que la UICN realiza un congreso que es convocado cada 4 años, donde los miembros establecen la agenda de conservación global votando por las recomendaciones a implementar, aprobando resoluciones aplicadas en el Programa de la UICN.

Club de Roma

En abril de 1968, un grupo de profesionistas fueron invitados por el industrial italiano Aurelio Peccei y el científico escocés Alexander King, mismos que se reunieron en Roma. Las áreas de especialización se enfocaron principalmente en la industria, el mundo académico y la sociedad civil (Grupo Vasco del Capítulo Español, 2022). El objetivo de esta reunión fue discutir dilemas del pensamiento a corto plazo con temas de incumbencia a nivel internacional, particularmente con aquellos temas relacionados con el consumo ilimitado de recursos.

El pensamiento del Club de Roma estaba bajo el régimen del lema "*pensar globalmente, actuar localmente*". Partiendo de ello, se realizaron investigaciones, debates, conferencias, reuniones y eventos de alto nivel, donde se exponían los trabajos e investigaciones realizados en materia de identificación de problemáticas, análisis desde una perspectiva global, interdisciplinaria y a largo plazo, con la finalidad de proporcionar soluciones alternativas, además dela elaboración de escenarios futuros (Grupo Vasco del Capítulo Español, 2022). Los resultados obtenidos, son comunicados a responsables públicos, privados y al público en general.

Informe del Club de Roma Los Límites del crecimiento

El Club de Roma publicó este informe en 1972, un estudio elaborado por un equipo de científicos e investigadores especializados en la materia. El objetivo del documento fue proyectar a 100 años, a través de modelos computacionales y dinámica de sistemas, 13 escenarios futuros para la humanidad, partiendo del análisis de la interacción de diferentes variables (del Castillo, 2022), con eje en el crecimiento poblacional y el consecuente incremento de la huella ecológica asociado a las actividades humanas (producción de alimentos, consumo de recursos, polución, etc.).

La primera conclusión a la que se llegó, fue que el planeta tiene límites físicos infranqueables, donde no es posible tener un crecimiento económico y material exponencial en un planeta con recursos finitos. La segunda conclusión advierte que, si los modelos de crecimiento mantienen sus tendencias, la capacidad de carga del sistema alcanzaría sus límites dentro de los 100 años posteriores a la publicación del Informe (del Castillo, 2022), sobrevendría el colapso de la sociedad, con una caída abrupta tanto de la población como del bienestar humano.

Pese a que se muestra un escenario posiblemente apocalíptico, se proporciona una perspectiva alentadora donde se expresa la necesidad de una innovación social urgente y profunda a través del cambio tecnológico, cultural e institucional.

Informe Brundtland

La primera vez que el concepto "sostenibilidad" fue aceptado en la sociedad moderna fue a través del concepto de desarrollo sostenible, plasmado en el Informe Brundtland, escrito por la Ex primera ministra noruega Gro Harlem Brundtland, en 1987. La historia de este término, comienza en el siglo XVIII con aplicaciones relacionadas con el desarrollo en la biología (evolución de los individuos hacia la fase adulta); posteriormente, a partir de la Segunda Guerra Mundial este término se adoptó por la economía indicando el modelo de crecimiento de los países industrializados, e incluso integra la idea de justicia social.

El desarrollo de la humanidad, ha traído consigo el declive en la calidad ambiental, por lo tanto, diversos actores sociales se ven en la necesidad de analizar que está pasando con nuestro entorno y qué se puede hacer para solucionar las problemáticas que están surgiendo. El Informe Brundtland, es conocido por contener el concepto de desarrollo sostenible (Bermejo, 2018), el cual explica que se deben satisfacer las necesidades de la generación presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades.

La interpretación del desarrollo sostenible, aborda una perspectiva tridimensional, aglutinando la dimensión económica, social y medioambiental (Bermejo, 2018). El

análisis de estas perspectivas, se encuentra respaldado por la Conferencia de Río (1992), donde adoptó el término de Desarrollo Sostenible, otorgando un apoyo político internacional al establecido por el Informe Brundtland. Una vez que se tiene el respaldo por los principales líderes de las naciones, es posible extender la aceptación e implementación del término por parte de instituciones internacionales, gobiernos, empresarios y la sociedad civil.

Declaración de Principios para el Manejo Sustentable de Bosques

Tiene como objetivo contribuir a la ordenación, conservación y desarrollo sostenible de los bosques, tomando disposiciones respecto a las funciones, los usos múltiples y complementarios de ellos (WRM, s.a.). Se toman en consideración los problemas y oportunidades relacionados con la silvicultura, el medio ambiente y el desarrollo.

Los principios establecidos deben ser aplicables a los bosques de todo tipo: bosques naturales o plantaciones forestales, ubicados en todas las regiones geográficas y zonas climáticas (austral, boreal, subtemplada, templada, subtropical y tropical). Su implementación busca ordenar, conservar y alcanzar el desarrollo sostenible (WRM, s.a.), cuya responsabilidad se distribuye entre el gobierno federal, estatal y municipal. La descripción de los principios que aborda dicha declaración, se encuentran en la Tabla 1 en el apartado de Anexos.

Declaración de Rio sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo

Esta declaración fue elaborada durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, habiéndose reunido en Rio de Janeiro del 3 al 14 de junio de 1992, se reafirmaron acuerdos y establecimientos plasmados en la Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, aprobada en Estocolmo el 16 de junio de 1972 (ONU, s.a.-a).

El objetivo principal busca formar una alianza mundial para establecer nuevos niveles de cooperación entre los Estados, sectores clave de las sociedades y las personas (ONU, s.a.-a). Dicha cooperación procura ser alcanzada a través de acuerdos internacionales

plasmados en 27 principios (Ver Tabla 2 en el apartado de Anexos), donde se respeten los intereses de todos y se proteja la integridad del sistema ambiental sin detener el desarrollo mundial, reconociendo que la naturaleza es parte fundamental de nuestro Planeta Tierra, nuestro hogar.

Agenda 21

La Agenda 21 se firmó en la cumbre realizada en Río de Janeiro, Brasil el 3 y 14 de junio de 1992, donde se contó con la participación de más de 178 países en la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (UNCED), El producto de esta conferencia fue el Programa 21, un plan de acción que busca ser implementado de forma universal, nacional y localmente (ONU, s. a.-b).

Las acciones deben ser implementadas por organizaciones miembro de las Naciones Unidas, gobiernos y grupos principales de las zonas donde interviene la acción del medio ambiente e impacta directamente en él (ONU, s. a.-b). Para ello, se creó en diciembre de 1992 la Comisión para el Desarrollo Sostenible (CDS), organización cuyo objetivo es asegurar el seguimiento, supervisión y realización de los acuerdos a nivel de diversas escalas por parte de la UNCED.

Protocolo de Kioto, de la Convención del Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

El Protocolo de Kioto fue adoptado el 11 de diciembre de 1997 en Kioto, Japón, sin embargo, entró en vigor de manera oficial en 2005. Dicho documento, es un instrumento creado para poner en práctica los términos y acuerdos acordados en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (SEMARNAT, 2016). Su creación tiene como objetivo reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) como vapor de agua, dióxido de carbono, metano, óxido de nitrógeno y ozono, los cuales son los principales causantes del calentamiento global.

El protocolo ha logrado que los gobiernos suscritos establezcan leyes y políticas para cumplir con los compromisos ambientales establecidos; por otra parte, se busca que las

empresas tomen en cuenta al medio ambiente para diseñar e implementar nuevas tecnologías de innovación, inversión y toma de decisiones (SEMARNAT, 2016). Finalmente, el protocolo fomenta la creación del mercado del carbono, cuya finalidad es lograr reducir las emisiones con menor costo.

2.1.2. Cumbres para la protección del medio ambiente

Las Cumbres son reuniones donde se convocan a diversos países para tratar temas relacionados con el medio ambiente, además de otros tópicos que intervienen con el bienestar de la población, es decir: salud, residuos, biodiversidad, desarrollo sostenible del planeta y el cambio climático (Manos Unidas, 2022). La Cumbre más destacable, es la Cumbre de la Tierra, expresión utilizada para denominar las Conferencias de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUCED), donde los jefes de estado buscan alcanzar acuerdos sobre el medio ambiente, desarrollo, cambio climático, biodiversidad y otros temas relacionados.

Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano

Celebrada del 5 a 16 de junio de 1972, en Estocolmo, Suecia. Fue la primera conferencia mundial en hacer del medio ambiente un tema importante (Naciones Unidas, s.a.-a). Los participantes adoptaron una serie de principios para gestionar racionalmente el medio ambiente, incluyendo la Declaración y el Plan de acción de Estocolmo para el medio humano.

La estructura de la Declaración de Estocolmo, contiene 26 principios, colocando las cuestiones ambientales en primer plano de las preocupaciones internacionales, situación que dio paso a iniciar un diálogo entre países industrializados y en desarrollo sobre el vínculo entre el crecimiento económico, la contaminación del aire, el agua y los océanos y el bienestar de las personas a nivel mundial. El plan de acción aborda tres elementos principales:

a) El programa global de evaluación del medio humano (Vigilancia mundial)
b) Las actividades de ordenación del medio humano
c) Las medidas internacionales auxiliares de acción nacional e internacional de evaluación y ordenación.

A partir de estos tres ejes, se desglosaron 109 recomendaciones, que permitirán mejorar la calidad de vida, preservación del medio natural a pesar del crecimiento humano y desarrollo económico que se experimente, por lo tanto, uno de los principales resultados de la conferencia de Estocolmo fue la creación del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

Cumbre para la Tierra, Río de Janeiro

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CNUMAD), llevada a cabo del 3 al 14 de junio de 1992 en Río de Janeiro, Brasil, también conocida como la "Cumbre para la Tierra", fue celebrada con motivo del 20 aniversario de la Primera Conferencia sobre el Medio Ambiente Humano en Estocolmo, Suecia, en 1972.

Reunió a líderes políticos, diplomáticos, científicos, representantes de los medios de comunicación y organizaciones no gubernamentales (ONG) de 179 países para centrarse en el impacto de las actividades socioeconómicas humanas sobre el medio ambiente (Naciones Unidas, s.a. -a).

El objetivo principal de la cumbre fue producir una agenda amplia y un nuevo plan para la acción internacional sobre cuestiones ambientales y de desarrollo. Se concluye que el concepto de desarrollo sostenible era un objetivo alcanzable para todas las personas del mundo, independientemente de que fueran a nivel local, nacional, regional o internacional. Este concepto fue revolucionario para su época, provocó un debate entre los gobiernos y sus ciudadanos sobre cómo garantizar la sostenibilidad del desarrollo.

Uno de los principales resultados de la Conferencia de la CNUMAD fue el Programa 21, que pide nuevas estrategias para invertir en el futuro para lograr un desarrollo sostenible general en el siglo XXI (Naciones Unidas, s.a. -a). Sus recomendaciones parten desde

nuevos métodos de educación hasta nuevas formas de preservar los recursos naturales e innovación para lograr tener una economía sostenible.

Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible

Celebrada del 26 de agosto al 4 de septiembre de 2002 en Johannesburgo, Sudáfrica. En esta cumbre se adoptó una Declaración Política y un Plan de Implementación que incluyó disposiciones que cubren actividades y medidas que deben tomarse para lograr un desarrollo que respete al medio ambiente (Naciones Unidas, s. a. -a). Para ello, la cumbre contó con la participación de más de un centenar de jefes de Estado y de gobierno, además de miles de representantes gubernamentales y organizaciones no gubernamentales.

El resultado fue la toma de decisiones relacionadas con diversos elementos que inciden e impactan la vida cotidiana a nivel mundial, cuyo resumen se describe de la siguiente forma:

a) Agua: alianzas entre sectores público y privado, deben estar basadas en los marcos regulatorios establecidos por los gobiernos.
b) Energía: se destacó la necesidad de diversificar el suministro de energía y agregar fuentes de energía renovables al suministro de energía global.
c) Salud: se reafirmaron los compromisos para luchar contra el VIH/SIDA, haciendo hincapié en el derecho de los Estados a interpretar el Acuerdo sobre los Aspectos de los Derechos de Propiedad Intelectual relacionados con el Comercio para promover el acceso universal a medicamentos.
d) Agricultura: se previeron negociaciones en el Acuerdo sobre Agricultura de la OMC, incluyendo el acceso a mercados y la reducción de subvenciones a la exportación.
e) Diversidad biológica: se pidió el establecimiento de un régimen internacional para asegurar una distribución justa y equitativa de los beneficios derivados del uso de los recursos genéticos.

El resultado retoma las disposiciones sobre el Protocolo de Kyoto, aborda temáticas como la reducción de gases de efecto invernadero para los estados (Naciones Unidas, s. a. -a). Las disposiciones incluyen la creación de un fondo de solidaridad mundial para erradicar la pobreza mediante el lanzamiento de programas que apoyen iniciativas a diversas escalas (regionales y nacionales) para alcanzar conductas de consumo responsable.

Cumbre de Desarrollo Sostenible 2015

Se llevó a cabo del 25 a 27 de septiembre de 2015 en las sedes de las Naciones Unidas en Nueva York. Se reunieron más de 150 líderes mundiales, quienes aprobaron una agenda para el desarrollo sostenible, estableciendo un nuevo plan para transformar el mundo (Naciones Unidas, s.a. –d), siendo la nueva Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, misma que incluye 17 objetivos de desarrollo sostenible y 169 metas.

El objetivo principal del plan es encontrar nuevas formas que permitan mejorar la calidad de vida de las personas a nivel mundial, a través de estrategias como erradicar la pobreza, promover la prosperidad y el bienestar para todos, proteger el medio ambiente y luchar contra el cambio climático, dos meses después, en la Conferencia de París sobre el Cambio Climático de 2015 (COP21), se firmó el Acuerdo de París, que fue ratificado por 187 partes.

2.1.3. Estrategias

Los seres humanos enfrentan una realidad donde el crecimiento económico es fundamental, contar con suficientes bienes materiales para incrementar la producción y tener determinado grado de riqueza, sin embargo, la huella ecológica para la fabricación de productos o satisfacer ciertas necesidades que van más allá de las vitales, tiene como consecuencia el agotamiento de recursos naturales, lo que pone en juego la habitabilidad y calidad de vida de los seres humanos.

A pesar del consumismo descontrolado de la humanidad, además del deterioro ambiental, está la responsabilidad global, la cual constituye la creación de estrategias para el desarrollo y conservación de la naturaleza en conjunto con sus recursos (UICN, 1980), a partir de un marco intelectual para coordinar esfuerzos respaldados por la voluntad y coordinación entre diversos actores involucrados.

Estrategia Mundial para la Conservación

La estrategia está destinada a estimular el enfoque de gestión de recursos vivos. Teniendo una noción de aquellos que se encuentran disponibles en el planeta, considerando que la mayoría de los recursos existentes son finitos y no renovables. Tiene por objetivo proporcionar una orientación política que ayude a explicar cómo se debe realizar la conservación (UICN, 1980).

Para llevarlo a cabo las estrategias, es necesario contar con la participación de funcionarios que estén a cargo de las acciones políticas a implementar, de asesores para tomar decisiones de la mejor manera, la intervención de conservacionistas y otros actores especializados y vinculados con los seres vivos para comprender mejor el funcionamiento del medio natural.

La Estrategia Mundial para la Conservación busca cumplir con los tres principales objetivos de la conservación de los recursos vivos:

a) Mantener los procesos ecológicos esenciales y sistemas vitales, de los cuales depende la supervivencia y desarrollo humano.
b) Preservar la diversidad genética, de la cual depende el funcionamiento de procesos y sistemas.
c) Asegurar el aprovechamiento sostenido de especies y ecosistemas (como peces, fauna silvestre, bosques y pastos) que constituyen la base vital para comunidades rurales e industrias.

Esta estrategia apoya el desarrollo económico que la humanidad creciente demanda, de igual forma, tiene apartados sustentables donde busca garantizar la disponibilidad y

calidad de los recursos naturales para las generaciones futuras sin alterar el bienestar económico al que tienen derecho. Pero también no hay que perder de vista que el agotamiento de determinados recursos en el planeta no solo tiene consecuencias económicas, sino las catástrofes ambientales no tardarán en llegar.

Declaración El Futuro que Queremos

Es un documento que establece como objetivos generales y requisitos indispensables para alcanzar el desarrollo sostenible temas relacionados con la erradicación de la pobreza, modificación de las modalidades insostenibles, promoción de modalidades de consumo, producción sostenible, protección, ordenación de la base de recursos naturales del desarrollo económico y social.

Cabe destacar la reafirmación para alcanzar el desarrollo sostenible, se debe promover un crecimiento sostenido, inclusivo equitativo, creando oportunidades para todos, reducción de desigualdades, mejorar los niveles de vida básicos, fomentando el desarrollo social equitativo, la inclusión, promoción de la ordenación integrada y sostenible de los recursos naturales y ecosistemas, contribuyendo al desarrollo económico, social humano (Naciones Unidas, 2012).

Los habitantes están encargados de su protección y conservación, ya que tienen la oportunidad de influir en su futuro a través de la participación en la toma de decisiones. Cabe resaltar, que el desarrollo sostenible exige medidas concretas y urgentes, cuya implementación sólo se puede lograr forjando alianzas entre personas, gobiernos, sociedad civil y el sector privado (Naciones Unidas, 2012).

Declaración de Vancouver sobre Asentamientos Humanos (Hábitat I)

Se llevó a cabo del 31 de mayo a 11 de junio de 1976 en Vancouver, Canadá. Fue la primera Conferencia de las Naciones Unidas sobre Asentamientos Humanos convocada por la Asamblea General de las Naciones Unidas, cuando los gobiernos empezaron a reconocer que la rápida urbanización presentaba consecuencias en los asentamientos

humanos, pese a que las consecuencias eran apenas notorias, el cambio en el entorno fue evidente.

Ante los cambios presentados por el aumento de la mancha urbana, el fenómeno de la migración fue cada vez más perceptible, aunado a ella, los avances en la medicina, incrementó la esperanza de vida de la población, fomentando la concentración demográfica en determinados puntos del territorio (Naciones Unidas, s.a. –e), por lo que los problemas empezaron a ser más frecuentes, la ciudad se fue haciendo más compleja, y encontrar una solución aún más.

Entre las problemáticas que se empezaron a presentar en la ciudad, las desigualdades en las condiciones de vida, segregación social, discriminación racial, desempleo agudo, analfabetismo, enfermedad y pobreza, la ruptura de las relaciones sociales, pérdida de valores culturales tradicionales, la creciente degradación de los recursos de aire, agua y tierra que sustentan la vida son algunas de las dificultades que se presentan con el aumento de la población, lo que complica el desarrollo sustentable en áreas urbanas.

Como respuesta ante la situación, la Declaración de Vancouver sobre Asentamientos Humanos establece las recomendaciones necesarias para lograr tener una vivienda adecuada, de acuerdo con las características de cada país (Naciones Unidas, s.a. –e). Las Directrices para la acción establecen que la vivienda y los servicios adecuados son un derecho humano básico que impone a los gobiernos la obligación de garantizar su cumplimiento por parte de todas las personas. Los gobiernos deben esforzarse por eliminar todos los obstáculos para lograr dichos objetivos.

Hábitat I sentó las bases para el Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos u ONU-Hábitat en 1978. Este documento promueve tanto para los pueblos indígenas y las ciudades la sostenibilidad desde el punto de vista social y ambiental, al ser elementos importantes para la urbanización y asentamientos humanos del sistema de la ONU, donde se promuevan ciudades u otros asentamientos humanos planificados adecuadamente, con gobiernos eficientes, viviendas adecuadas,

infraestructura, acceso universal al empleo y servicios básicos como agua, energía y saneamiento.

2.1.4. Convenciones

Una convención es un evento, ya sea público o privado, en materia de medio ambiente, busca perseguir ciertos objetivos, ya sea con fines económicos o no lucrativos, principalmente para mejorar la calidad de vida de los habitantes, así como mejorar las condiciones en las que se encuentra el medio natural. En las convenciones se establecen una serie de objetivos, entre ellos destaca generar conciencia sobre las situaciones mundiales que se han experimentado actual e históricamente.

De acuerdo con la participación de los agentes involucrados, que generalmente son líderes internacionales con la capacidad de tomar decisiones representativas, se busca establecer un diálogo entre ellos para llegar a acuerdos, de esta manera construir un trabajo en equipo que facilite la implementación de dichas acciones, motivarlos para que presenten las propuestas a sus gobernados, de esta manera puedan mostrar los resultados obtenidos en futuras reuniones.

Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

La Convención fue creada en 1992, y entró en vigor el 21 de marzo de 1994. Es el organismo de la Organización de las Naciones Unidas encargado de establecer las bases para la acción internacional conjunta en cuanto a mitigación y adaptación al cambio climático (CMNUCC, 2021). Los países que integran la convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático también se denominan “Estados parte”.

El objetivo principal de la cumbre es “Lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera en un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático. Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio

climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible (CMNUCC, 2021).”

Por lo tanto, los miembros de la convención están obligados a controlar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) mediante la instrumentación de políticas, medidas de mitigación y la aplicación de nuevas tecnologías socialmente beneficiosas y económicamente viables, entre otros factores. Como parte de los acuerdos de la CMNUCC se estableció celebrar anualmente la Conferencia de las Partes (COP, por sus siglas en inglés).

Las COP consisten en realizar una reunión donde se llevan a cabo negociaciones para avanzar hacia el cumplimiento de los objetivos de la CMNUCC (CMNUCC, 2021). Celebradas en diferentes partes del mundo, cada una establece nuevos acuerdos, dan seguimiento a aquellos que se establecieron años anteriores, además de realizar evaluaciones respecto a la efectividad de las estrategias establecidas y metas logradas (Ver descripción en la Tabla 3 en el apartado de Anexos).

Conferencia de Río + 20

Dicha conferencia sucede veinte años después de la celebración de la “Cumbre para la Tierra” en 1992. La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible se realizó en Río de Janeiro en 2012 (también conocida como Río +20), el resultado es un documento que contiene un procedimiento óptimo para implementar el desarrollo sostenible.

En el procedimiento destaca la participación de los Estados Miembro que ponen en marcha un proceso para desarrollar Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), basándose en los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) y convergiendo con la agenda para el desarrollo después de 2015 (Naciones Unidas, s.a.-c). También se adoptaron directrices innovadoras sobre políticas de economía verde y estrategias de financiamiento para el desarrollo sostenible.

Por otra parte, se tomaron decisiones en diversos rubros: energía, seguridad alimentaria, océanos, ciudades, consumo y producción sostenible, por lo cual, para dar seguimiento, se convocó a una tercera conferencia internacional llevada a cabo en 2014 (Naciones Unidas, s.a.-c). Finalmente, se anunciaron más de 700 compromisos voluntarios, dando inicio a la formación de nuevas asociaciones para promover el desarrollo sostenible.

Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Vivienda y el Desarrollo Urbano Sostenible, Hábitat III

Establece un diseño para implementar la Nueva Agenda Urbana, donde los principales líderes nacionales se comprometen a proporcionar servicios básicos a todos los ciudadanos (vivienda, agua potable, saneamiento, alimentos nutritivos, salud, planeación familiar, educación, cultura y acceso a las tecnologías de comunicación), además de garantizar la igualdad de oportunidades para sus ciudadanos sin discriminación alguna (mujeres, población indígena o con alguna discapacidad).

Busca la promoción en apoyo para tener ciudades más limpias, garantizando la calidad del aire y una atmósfera limpia, incrementar el uso de energías renovables, proporcionar un transporte público ecológico, gestión sostenible de recursos naturales, de esta manera fortalecer la resiliencia urbana para reducir o mitigar el riesgo e impacto de los desastres naturales a través de la planeación urbana e implementar las medidas necesarias de acuerdo con las necesidades de cada ciudad.

Al tomar medidas para hacer frente al cambio climático, la estrategia principal consiste en reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, donde se involucre al gobierno local y a todos los agentes que conforman la sociedad civil, con el objetivo principal de limitar el aumento de la temperatura mundial por debajo de los 2°C (Naciones Unidas, s.a. –f). Las campañas de divulgación son de suma importancia para concientizar a la población sobre la situación que se enfrenta y la responsabilidad social de todos los habitantes.

2.1.5. Convenios

Se denomina convenio a aquellos acuerdos que son celebrados a nivel interestatal o internacional, cuya estructura es similar a la establecida para los tratados, en ellos se plasman voluntades que crean, transmiten o modifican los derechos y obligaciones en materia de medio ambiente, desarrollo urbano, que tiene un lado positivo: mejora los acuerdos establecidos; por otro el lado negativo, donde se modifican o extinguen acuerdos previamente plasmados.

Convenio sobre la Diversidad Biológica

El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) Es un instrumento internacional para "la conservación de la diversidad biológica, la utilización sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos", que ha sido ratificado por 196 países, cuyo objetivo consiste en promover medidas que conduzcan a un futuro sostenible.

Este convenio cubre la diversidad biológica a todos los niveles: ecosistemas, especies y recursos genéticos (Naciones Unidas, s.a. -b). También cubre la biotecnología a través del Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología, la diversidad biológica y el papel que desempeña en el desarrollo, desde perspectivas interdisciplinarias como la ciencia, política, educación, agricultura, negocios, la cultura, etc.

El órgano rector del CDB es la Conferencia de las Partes (COP). Esta autoridad suprema de todos los Gobiernos (o Partes) que han ratificado el tratado se reúne cada dos años para examinar el progreso, fijar prioridades y adoptar planes de trabajo (Naciones Unidas, s.a. -b). La Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica (SCDB) tiene su sede en Montreal, Canadá. El Secretario Ejecutivo es el director de la Secretaría. La función principal consiste en ayudar a los Gobiernos a aplicar el CDB y sus programas de trabajo, organizar reuniones, redactar borradores de documentos, coordinar la labor del Convenio con la de otras organizaciones internacionales, así como recopilar y difundir información.

Agenda 2030 para el desarrollo sostenible

La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible fue aprobada en septiembre de 2015 por la Asamblea General de las Naciones Unidas, es un documento que establece una visión transformadora hacia la sostenibilidad económica, social y ambiental de los 193 Estados Miembros suscritos (Naciones Unidas, 2016), además de ser la guía de referencia para el trabajo institucional para realizar durante los próximos 15 años.

Las metas para alcanzar la sustentabilidad, se da a través del conocimiento de 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) que se asocian a la Agenda, esto para apoyar en la evaluación desde el punto de partida, analizando los medios para alcanzar el desarrollo sostenible a través de la acción colectiva (Naciones Unidas, 2016), siendo un elemento clave la aplicabilidad a nivel nacional y local en diversas partes del mundo, adaptándose a las condiciones particulares de cada lugar.

2.2. Legislación nacional

2.2.1. Leyes

Una ley es un precepto o conjunto de preceptos que son dictados por la autoridad, donde se mandan o prohíben determinadas acciones por los órganos legislativos competentes, dentro del procedimiento legislativo prescrito, entendiendo que dichos órganos son la expresión de la voluntad popular representada por el Parlamento o Poder Legislativo (Sistema de Información Legislativa (SIL), s.a).

Sus atributos principales están conformados por la bilateralidad (se debe dar entre dos sujetos, uno activo y otro pasivo, uno investido de una facultad a la que corresponde una obligación de otro), la imperatividad (se sobrepone a la voluntad de los sujetos cuya conducta encauza, independientemente que la voluntad de éstos pudiera ser contraria a la ley) y finalmente la coercitividad (significa la capacidad de la norma para hacerse obedecer, contra y sobre las actitudes en contrario de los sujetos cuya conducta someten, para garantizar su cumplimiento).

Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano

Esta ley establece las normas básicas e instrumentos de gestión para ordenar el uso del territorio y los Asentamientos Humanos, incluyendo la participación de la Federación, las entidades federativas y los municipios, con el objetivo de ordenar y regular los asentamientos humanos presentes en el país (ver Tabla 14). (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2021).

Tabla 14 Artículos de la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano

Artículos de la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano relacionados con las islas de calor urbano		
Artículo	**Organismo encargado**	**Descripción**
1	Federación, entidades federativas, municipios y las Demarcaciones Territoriales	I. Fijar las normas básicas e instrumentos de gestión de observancia general, para ordenar el uso del territorio y los Asentamientos Humanos en el país. II. Planeación, ordenación y regulación de los Asentamientos Humanos en el territorio nacional. IV. Definir los principios para determinar las provisiones, reservas, usos del suelo y destinos de áreas o predios que regulan la propiedad en los Centros de Población.
4		La planeación, regulación y gestión de los asentamientos humanos, Centros de Población y la ordenación territorial, deben conducirse en apego a los siguientes principios de política pública: IV. Coherencia y racionalidad. Adoptar perspectivas que promuevan el ordenamiento territorial y el Desarrollo Urbano de manera equilibrada, armónica, racional y congruente. VII. Protección y progresividad del Espacio Público. Crear condiciones de habitabilidad de los espacios públicos, como elementos fundamentales para el derecho a una vida sana. Se fomentará el rescate, la creación y el mantenimiento de los espacios públicos que podrán ampliarse, o mejorarse, pero nunca destruirse o verse disminuidos. VIII. Resiliencia, seguridad urbana y riesgos. Propiciar y fortalecer todas las instituciones y medidas de prevención, mitigación, atención, adaptación y

		Resiliencia que tengan por objetivo proteger a las personas, además del patrimonio, frente a los riesgos naturales y antropogénicos.
34	Actores del área metropolitana	VIII. La preservación y restauración del equilibrio ecológico, el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y la protección al ambiente, incluyendo la calidad del aire y la protección de la atmósfera.
48		Las áreas y predios de un centro de población están sujetos a las disposiciones que en materia de ordenación urbana dicten las autoridades conforme a esta Ley.

Fuente: Elaboración propia basado en la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (2021).

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente

Tiene por objeto propiciar el desarrollo sustentable, establece las bases para garantizar a todos los individuos el derecho a vivir en un medio ambiente sano, a través de la definición de principios de política ambiental implementados por diversos instrumentos, con el objetivo de preservar, restaurar, mejorar el medio ambiente y ecosistemas, proteger la biodiversidad, establecer y administrar áreas naturales.

Esta ley busca prevenir y controlar la contaminación del aire, agua y suelo, a través de la participación de la población, individual y colectivamente con el objetivo de preservar el medio ambiente en condiciones adecuadas para el desarrollo de la vida. Las acciones serán implementadas por la Federación, los Estados y municipios, así como la inclusión de los sectores social y privado, de esta manera establecer las medidas de control y seguridad que garanticen el cumplimiento y aplicación de esta ley (ver Tabla 15).

Tabla 15 Artículos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente

Artículos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente relacionados con las islas de calor urbano		
Capitulo II – Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera		
Artículo	**Organismo encargado**	**Descripción**
110		Protección a la atmósfera. I. La calidad del aire debe ser satisfactoria en todos los asentamientos humanos.

		II. Reducir las emisiones de contaminantes de la atmósfera por fuentes artificiales o naturales para mejorar la calidad del aire.
111	Secretaría	Reducir o evitar la contaminación de la atmósfera
		II- Integrar y mantener actualizado el inventario de las fuentes emisoras de contaminantes a la atmósfera a nivel nacional y regional.
111 BIS	Secretaría	Emisión de contaminantes por fuentes fijas.
		Se consideran fuentes fijas de jurisdicción federal, las industrias químicas, del petróleo y petroquímica, de pinturas y tintas, automotriz, de celulosa y papel, metalúrgica, del vidrio, de generación de energía eléctrica, del asbesto, cementera, calera y de tratamiento de residuos peligrosos. El establecimiento de estas fuentes se sujetará a las disposiciones de la legislación federal, en lo que se refiere a la emisión de contaminantes a la atmósfera.
112	Gobiernos de las entidades federativas, de los Municipios y demarcaciones territoriales	IV.- Integrarán y mantendrán actualizado el inventario de fuentes de contaminación.
113	Normas Oficiales Mexicanas expedidas por la Secretaría	No deberán emitirse contaminantes a la atmósfera que ocasionen o puedan ocasionar desequilibrios ecológicos o daños al ambiente. En todas las emisiones a la atmósfera, deberán ser observadas las previsiones de esta Ley y de las disposiciones reglamentarias que de ella emanen.
114	Las autoridades competentes	Promover en las zonas que se determinaron como aptas para uso industrial, próximas a áreas habitacionales, la instalación de industrias que utilicen tecnologías y combustibles que generen menor contaminación.
115	Secretaría	Determinación de usos del suelo que definan los programas de desarrollo urbano respectivos, se consideren las condiciones topográficas, climatológicas y meteorológicas, para asegurar la adecuada dispersión de contaminantes.
116	Las autoridades competentes	Otorgamiento de estímulos fiscales
		I. Adquieran, instalen u operen equipo para el control de emisiones contaminantes a la atmósfera. II. Fabriquen, instalen o proporcionen mantenimiento a equipo de filtrado, combustión,

		control, y en general, de tratamiento de emisiones que contaminen la atmósfera. III. Realicen investigación científica y tecnológica e innovación, cuya aplicación disminuya la generación de emisiones contaminantes.

Fuente: Elaboración propia basado en la LEGEEPA (2015).

Ley General de Cambio Climático

La Ley establece aquellas disposiciones para enfrentar los efectos del cambio climático, su objetivo es regular aquellas acciones establecidas para mitigar o adaptarse al cambio climático en México. Fomenta la difusión en materia de adaptación y mitigación de los efectos del cambio climático, estableciendo las bases para la concertación con la sociedad (ver Tabla 16).

Toda persona tiene derecho a vivir en un ambiente sano y seguro, por lo que las autoridades especializadas en materia de cambio climático, así como la Comisión, el Consejo y el Sistema de Información tengan disponible la información relacionada con esta situación que se exacerba con el paso del tiempo, de esta forma, facilitar y fomentar la comprensión y concientización de la población.

Tabla 16 Artículos de la Ley General de Cambio Climático

Artículos de la Ley General de Cambio Climático relacionados con las islas de calor urbano		
Artículo	**Organismo encargado**	**Descripción**
2o. Fracción II		Regular las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero para que México contribuya a lograr la estabilización de sus concentraciones en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático.
7o.	Entidades federativas y municipios	X. Fomentar la investigación científica y tecnológica, el desarrollo, transferencia y despliegue de tecnologías, equipos y procesos para la mitigación y adaptación al cambio climático. XXII. Desarrollar acciones concurrentes para la mitigación y adaptación al cambio climático, en el ámbito de competencias federales y municipales.
		Formular e instrumentar políticas y acciones para enfrentar al cambio climático en congruencia con el

9o.	Autoridades municipales	Plan Nacional de Desarrollo, la Estrategia Nacional, el Programa, el Programa estatal en materia de cambio climático y con las leyes aplicables
		a) Prestación del servicio de agua potable y saneamiento b) Ordenamiento ecológico local y desarrollo urbano c) Recursos naturales y protección al ambiente de su competencia d) Protección civil e) Manejo de residuos sólidos municipales f) Transporte público de pasajeros eficiente y sustentable en su ámbito jurisdiccional

Fuente: Elaboración propia basado en la Ley General de Cambio Climático (2018).

Ley General de la Calidad de Aire y Protección a la Atmósfera

Esta ley es resultado del análisis de diversos sectores involucrados en realizar acciones que den paso a la protección atmosférica. Fue promulgada por el Senado, busca dotar a México con un marco jurídico que permita combatir la contaminación atmosférica de forma eficaz, además de contrarrestar los efectos adversos a la salud y al medio ambiente.

Su objetivo principal consiste en reducir la emisión de contaminantes atmosféricos para mejorar la calidad del aire en las principales zonas metropolitanas del país, a través de una visión innovadora, corresponsable e incluyente, ofreciendo soluciones eficaces a largo plazo, mismas que coinciden con los compromisos internacionales asumidos por México en materia de cambio climático, protección al medio ambiente y cuidado de la salud.

La Ley impulsa diez instrumentos de política de gestión de la calidad del aire y la protección a la atmósfera, entre ellos los programas de contingencias atmosféricas, verificación vehicular, el Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire y Emisiones, los Sistemas de Monitoreo, el Índice de la Calidad del Aire y el Inventario Nacional de Emisiones.

Por último, la ley reconoce que la contaminación ambiental se está expandiendo a diversas zonas del territorio, en diferentes niveles, los efectos adversos en la población

son variables, por lo tanto, debe ser atendida desde una perspectiva integral para lograr el equilibrio ecológico, el crecimiento económico e incorporarse en las actividades sociales, a través de la participación de instituciones sólidas, junto con la participación de una sociedad ambientalmente consciente, informada, participativa y en cumplimiento de sus obligaciones (ver Tabla 17).

Tabla 17 Artículos de la Ley General de la Calidad de Aire y Protección a la Atmósfera

Artículos de la Ley General de la Calidad de Aire y Protección a la Atmósfera relacionados con las islas de calor urbano		
Artículo	**Organismo encargado**	**Descripción**
1		I. Contribuir a garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. VI. Identificar las fuentes de emisiones de contaminantes a la atmósfera con mayor aportación dentro de una cuenca atmosférica, priorizando su participación en los programas de gestión de la calidad del aire y protección a la atmósfera.
5	Federación, Estados, el Distrito Federal y los Municipios	Ejercerán sus atribuciones en materia de gestión de la calidad del aire y protección a la atmosfera, de conformidad con la distribución de competencias prevista en la presente Ley y en otros ordenamientos legales.
7	Estados, Distrito Federal y los Municipios	II. Integrar, publicar y mantener actualizado el Inventario Nacional de Emisiones a partir de la información de los contaminantes atmosféricos de fuentes de jurisdicción federal reportadas en la Cédula de Operación Anual
	Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano	Fomentar la consideración de las condiciones topográficas, climatológicas y meteorológicas en la determinación de usos de suelo que definan los programas de desarrollo urbano respectivos con el fin de asegurar la adecuada dispersión de contaminantes y mejorar la calidad del aire y protección a la atmósfera.
22	Secretaría, Organismos correspondientes.	Cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire, la formulación y aplicación de programas de gestión de calidad del aire y protección a la atmósfera que contengan medidas específicas de control de emisiones para mitigar la transferencia de contaminantes.

Fuente: Elaboración propia basada en la Ley General de Calidad del Aire y Protección a la Atmósfera (2013).

Ley General de Movilidad y Seguridad vial

En 2021 se puso en marcha el Plan Mundial para Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2021-2030, su objetivo principal es reducir las muertes y traumatismos causados por accidentes de tránsito hasta en un 50%. Sin embargo, esta Ley contempla otras pautas en materia de movilidad (ver Tabla 18).

Brinda las bases para priorizar los modos no motorizados, vehículos no contaminantes y la intermodal dad. La ley busca garantizar la seguridad vial de todos los sectores de la sociedad, desde los usuarios más vulnerables como los peatones y ciclistas, hasta operadores de transporte público y de carga, e incluso regular la emisión de contaminantes a la atmósfera por fuentes móviles.

Tabla 18 Artículos de la Ley General de Movilidad y Seguridad vial

Artículos de la Ley General de Movilidad y Seguridad vial relacionados con las islas de calor urbano		
Artículo	**Principio**	**Descripción**
1		Establecer las bases para priorizar los modos de transporte de personas, bienes y mercancías, con menor costo ambiental y social, la movilidad no motorizada, vehículos no contaminantes e intermodalidad.
4	Principios de movilidad y seguridad vial.	Fracción IX. Movilidad activa. Promover ciudades caminables, así como el uso de la bicicleta u otros modos de transporte no motorizados, como alternativas que fomenten la salud pública, la proximidad y la disminución de emisiones contaminantes.
25	Estrategia Nacional de Movilidad y Seguridad Vial.	Fracción VI. Conformación de estrategias que promuevan modos de transporte público sostenible y seguro, uso de vehículos no motorizados, vehículos no contaminantes y otros modos de alta eficiencia energética.
31	Criterios de Movilidad y Seguridad Vial.	Fracción IV. Establecer medidas que incentiven el uso del transporte público, vehículos no motorizados, vehículos no contaminantes y otros modos de movilidad de alta eficiencia energética, cuando el entorno lo permita y bajo un enfoque sistémico.

56	Zonas y tramos de vía de gestión de la demanda de movilidad.	Las zonas de gestión de la demanda son polígonos en los que se regula el flujo de vehículos motorizados en función de sus emisiones contaminantes o tamaño, mediante sistemas de control vial y regulación del} tránsito, a fin de disminuir el uso y el impacto social y ambiental negativo que implica su circulación.

Fuente: Elaboración propia basada en la Ley General de Movilidad y Seguridad vial (2022).

Ley General de la Salud

Tiene como fundamento principal la protección de la salud de todas las personas, tal como se encuentra establecido en el Artículo 4o. de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, donde se establecen las bases y modalidades para el acceso a servicios de salud, la concurrencia de la federación y las entidades federativas en materia de salubridad general, entre ellos garantizar un medio ambiente sano que permita tener las condiciones salubres adecuadas para la población en general (ver Tabla 19).

Tabla 19 Artículos de la Ley General de la Salud

Artículos de la Ley General de la Salud relacionados con las islas de calor urbano		
Capítulo IV, "Efectos del Ambiente en la Salud		
Artículo	**Organismo encargado**	**Descripción**
116	Autoridades sanitarias	Establecerán normas, tomarán medidas y realizarán actividades referentes a la protección de la salud humana ante riesgos y daños dependientes de las condiciones del ambiente.
118	Secretaría de Salud	Fracción I. Determinar los valores de concentración máxima permisible para el ser humano de contaminantes en el ambiente.

Fuente: Elaboración propia basada en la Ley General de la Salud (2022).

2.2.2. Reglamentos

Un reglamento es un documento que emiten las autoridades hacia los integrantes de una comunidad, expresando una normativa, misma que puede ser de carácter jurídico, social, político o de cualquier otra naturaleza (Enciclopedia Humanidades, 2016). Su objetivo es prevenir y brindar resoluciones a posibles conflictos que pudiesen surgir entre los

miembros que componen a la sociedad, logrando esto a través de normas expresas y explicadas por escrito, de tal forma que no es necesario que sean memorizadas, pero si tener noción de su existencia.

Las normas presentes en los reglamentos, en esencia contiene normas que suelen ser directrices, mandamientos o restricciones (Enciclopedia Humanidades, 2016); además de explicar las posibles sanciones aplicables a quienes no cumplan con los mandatos previamente establecidos a través de los textos normativos impuestos a grupos sociales, mediante un código de conducta o desempeño, permitiendo la interacción social pacífica.

Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera

Tabla 20 Artículos del Reglamento de la LGEEPA

Artículos del Reglamento de la LGEEPA relacionados con las islas de calor urbano		
Artículo	**Organismo encargado**	**Descripción**
4	Entidades Federativas, Municipios	II. La preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente que se realicen en bienes y zonas de jurisdicción de las Entidades Federativas y de los Municipios.
7	Secretaría	Fracción IV. Expedir las normas técnicas ecológicas para la certificación por la autoridad competente, de los niveles de emisión de contaminantes a la atmósfera provenientes de fuentes determinadas. XII. Promover los usos del suelo que definan los programas de desarrollo urbano respectivos, considerando la compatibilidad de la actividad industrial con otras actividades productivas, tomando en cuenta las condiciones topográficas, y meteorológicas, para asegurar la adecuada dispersión de contaminantes atmosféricos.
13		Criterios para la protección a la atmósfera: I. La calidad del aire debe ser satisfactoria en todos los asentamientos humanos y las regiones del país. II. Las emisiones de contaminantes a la atmósfera, sean de fuentes artificiales o naturales, fijas o móviles, deben ser reducidas o controladas, para asegurar una

		calidad del aire satisfactoria para el bienestar de la población y el equilibrio ecológico.
31	Concesionarios del servicio de transporte público federal	Deberán tomar las medidas necesarias, para asegurar que las emisiones de sus vehículos no rebasarán los niveles máximos de emisión de contaminantes a la atmósfera, que establezcan las normas técnicas ecológicas correspondientes.
44	Secretaría	Promoverá ante las entidades federativas y los Municipios, la incorporación de sus sistemas de monitoreo, así como de sus inventarios de zonas y fuentes de jurisdicción local, al Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire.

Fuente: Elaboración propia basada en Reglamento de la LGEEPA (2014).

2.2.3. Normas Oficiales Mexicanas

Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) son expedidas y publicadas en el Diario Oficial de la Federación, estableciendo regulaciones técnicas de observancia obligatoria expedidas por las dependencias competentes, cuya finalidad es establecer las características que deben reunir los procesos o servicios cuando estos puedan constituir un riesgo para la seguridad de las personas o dañar la salud humana (Gobierno de México, 2015), abordando la terminología necesaria para su cumplimiento y correcta aplicación.

Las NOM deben ser revisadas cada 5 años a partir de su entrada en vigor. El Comité Consultivo Nacional de Normalización de Prevención y Control de Enfermedades (CCNNPCE) deberá de analizar y, en su caso, realizar un estudio de cada NOM, cuando su periodo venza en el transcurso del año inmediato anterior; como conclusión de dicha revisión y/o estudio podrá decidirse su modificación, cancelación o ratificación de las mismas.

NOM-156-SEMARNAT-2012. Establecimiento y operación de sistemas de monitoreo de la calidad del aire.

Establece que la evolución y el desarrollo de las zonas urbanas a nivel nacional, han venido acompañados por la proliferación de problemas ambientales debidos al

incremento en la concentración de población, actividad industrial, vehicular, doméstica y de dotación de servicios. La contaminación que se genera en una cuenca recorre en ocasiones grandes distancias y sus efectos se manifiestan en otra región, trayendo como consecuencia la necesidad de mantener una vigilancia constante.

En el territorio nacional existen áreas que requieren mayor atención, como: poblaciones con alto grado de industrialización, zonas de posible riesgo ambiental y zonas degradadas por el hombre, clasificadas como críticas, por lo que el monitoreo de la calidad del aire toma una importancia fundamental para identificar y proveer la información necesaria a fin de evaluar la calidad del aire de cada región y sus tendencias, como una herramienta para desarrollar estrategias de prevención y control, planes de manejo de la calidad del aire y políticas ambientales integrales, entre otras aplicaciones (SEMARNAT, 2012).

Objetivo: Especificar las condiciones mínimas que deben ser observadas para el establecimiento y operación de sistemas de monitoreo de la calidad del aire.

Campo de aplicación: Asentamientos humanos con más de quinientos mil habitantes; zonas metropolitanas, asentamientos humanos con emisiones superiores a veinte mil toneladas anuales de contaminantes criterio primarios a la atmósfera; conurbaciones y actividad industrial.

Establecimientos: Definiciones; especificaciones para el diseño, establecimiento, operación y mantenimiento de los sistemas de monitoreo de la calidad del aire; diseño de los sistemas de monitoreo de la calidad del aire; características básicas de los sistemas de monitoreo de la calidad del aire; instalación de estaciones, operación, mantenimiento y calibración de equipos; gestión del aseguramiento y control de la calidad en los sistemas de monitoreo de la calidad del aire; manejo de datos de la calidad del aire; procedimiento para la evaluación de la conformidad.

Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2014, Salud ambiental. Valores límite permisibles para la concentración de partículas suspendidas PM10 y PM2.5 en el aire ambiente y criterios para su evaluación.

La contaminación del aire continúa siendo uno de los problemas de salud pública más importantes que afecta a la población a nivel nacional. La exposición a los contaminantes atmosféricos como el material particulado, se asocia con diferentes daños a la salud humana y la magnitud de los efectos depende de las concentraciones que se encuentran en el aire, de la dosis que se inhala, del tiempo y la frecuencia de exposición, así como de las características de la población expuesta.

El espectro de efectos en la salud es amplio, pero afectan en particular a los sistemas respiratorio y cardiovascular. Toda la población puede ser afectada, aunque la susceptibilidad puede variar con el estado de salud o la edad, siendo los niños menores de 5 años, los adultos mayores de 65 y las personas con padecimientos previos, los grupos más vulnerables.

El material particulado es una mezcla compleja de sustancias en estado líquido o sólido, que permanece suspendida en la atmósfera por periodos variables de tiempo. Por su origen, las partículas pueden definirse como primarias (aquellas producidas directamente por alguna fuente contaminante) o secundarias (las que se forman en la atmósfera, como resultado de la interacción química entre gases y partículas primarias) (DOF, 2014).

Objetivo: Esta Norma tiene por objeto establecer los valores límite permisibles de concentración de partículas suspendidas PM10 y PM2.5 en el aire ambiente y los criterios para su evaluación, con la finalidad de proteger la salud de la población.

Campo de aplicación: Esta Norma es de observancia obligatoria en todo el territorio nacional, para las autoridades federales y locales que tengan a su cargo la vigilancia y evaluación de la calidad del aire, las cuales deberán tomar como referencia los valores e indicadores establecidos en esta Norma, para efectos de proteger la salud de la población.

Establecimientos: Para efectos de protección de la salud de la población más vulnerable se establecen dos valores límite, tanto para las concentraciones ambientales de las PM10 como de las PM2.5:

a) *Partículas menores a 10 micrómetros PM10:*

Límite de 24 horas: 75 µg/m3, como promedio de 24 horas.

Límite anual: 40 µg/m3, como promedio anual.

b) *Partículas menores a 2.5 micrómetros PM2.5:*

Límite de 24 horas: 45 µg/m3, como promedio de 24 horas.

Límite anual: 12 µg/m3, como promedio anual.

Norma Oficial Mexicana NOM-020-SSA1-2014, Salud ambiental. Valor límite permisible para la concentración de ozono (O3) en el aire ambiente y criterios para su evaluación.

La contaminación atmosférica se presenta por un desequilibrio en las concentraciones de los componentes del aire y se favorece por la presencia cada vez mayor de los contaminantes primarios y secundarios. El ozono es un contaminante secundario que se forma por una reacción fotoquímica entre emisiones primarias de óxidos de nitrógeno (NOx), compuestos orgánicos volátiles (COVs) o hidrocarburos (HCs) en presencia de la radiación solar, aunado a las condiciones geográficas, climatológicas y meteorológicas del medio ambiente.

El tiempo de vida del ozono en la atmósfera depende de la presencia y abundancia de sus precursores y de las condiciones antes mencionadas, registrándose las concentraciones más elevadas durante las horas del día en que se registra la mayor temperatura. La exposición a los contaminantes atmosféricos como el ozono, se asocian con diferentes daños a la salud humana y la magnitud de los efectos depende de las concentraciones que se encuentran en el aire, de la dosis que se inhala, del tiempo y la frecuencia de exposición, así como de las características de la población expuesta (DOF, 2014).

Objetivo: Establecer los valores límite permisibles de concentración de ozono en el aire ambiente para la protección de la salud humana; así como los criterios para su evaluación.

Campo de aplicación: Esta Norma es de observancia obligatoria en todo el territorio nacional y servirá como referencia, para las autoridades federales y locales que tengan a su cargo la vigilancia y evaluación de la calidad del aire, con fines de protección de la salud de la población.

Establecimientos:

La concentración de O_3 debe ser menor o igual a 0.095 ppm como promedio horario, calculado como se especifica en el punto 5.2 de la Norma, el cual nunca deberá ser rebasado.

La concentración del promedio móvil de 8 horas de O_3, debe ser menor o igual a 0.070 ppm, tomado como el máximo en un periodo de 1 año calendario, calculado como se especifica en el punto 5.2 de esta Norma.

Norma Oficial Mexicana NOM-041-SEMARNAT-2015, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.

Que la calidad del aire en diversas ciudades de México, se ha deteriorado significativamente en las últimas décadas, debido a factores climatológicos, geográficos, procesos de urbanización, crecimiento poblacional, así como, a las actividades económicas desarrolladas por la población en general, ocasionado un incremento en la flota vehicular y un aumento en su registro de emisiones a la atmósfera.

Los principales contaminantes generados por los automóviles son: monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x) e hidrocarburos no quemados (HC). Que el sector transporte en México es el responsable por casi la quinta parte (18%) de las emisiones de GEI que se emiten en el país, siendo uno de los mayores generadores de CO. Durante

el año 2006 en el D.F., los automóviles particulares emitieron aproximadamente el 80% de los NO_x y el 50% de las emisiones de CO (DOF, 2015).

Objetivo: Esta Norma Oficial Mexicana establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos, monóxido de carbono, oxígeno y óxido de nitrógeno; así como el nivel mínimo y máximo de la suma de monóxido y bióxido de carbono y el Factor Lambda.

Campo de aplicación: Es de observancia obligatoria para el propietario, o legal poseedor de los vehículos automotores que circulan en el país o sean importados definitivamente al mismo, que usan gasolina como combustible, así como para los responsables de los Centros de Verificación, y en su caso Unidades de Verificación Vehicular, a excepción de vehículos con peso bruto vehicular menor de 400 kg (kilogramos), motocicletas, tractores agrícolas, maquinaria dedicada a las industrias de la construcción y de la minería.

Establecimientos:

Límites Máximos Permisibles de Emisión del Método Dinámico (ver Tabla 21).

Tabla 21 Límites Máximos Permisibles de Emisión del Método Dinámico

Límites Máximos Permisibles de Emisión del Método Dinámico							
Año - modelo vehicular	Hidrocarburos (HC hppm)	Monóxido de Carbono (CO % vol.)	Oxígeno (O2 % vol.)	Óxidos de Nitrógeno (NOx ppm)	Dilución (CO + CO2 % vol.)		Factor Lambda Máx.
					Mín.	Máx.	
1990 y Anteriores	350	2,5	2,0	2 500	13	16,5	1,05
1991 y posteriores	100	1,0	2,0	1 500	13	16,5	1,05

Fuente: NOM-041-SEMARNAT-2015

Límites Máximos Permisibles de Emisión del Método Dinámico (ver Tabla 22).

Tabla 22 Límites Máximos Permisibles de Emisión del Método Estático

Límites Máximos Permisibles de Emisión del Método Estático						
Año - modelo vehicular	Hidrocarburos (HC hppm)	Monóxido de Carbono (CO % vol.)	Oxígeno (O2 % vol.)	Dilución (CO + CO2 % vol.)		Factor Lambda Máx.
				Mín.	Máx.	
1993 y Anteriores	400	3,0	2,0	13	16,5	1,05
1994 y posteriores	100	1,0	2,0	13	16,5	1,05

Fuente: NOM-041-SEMARNAT-2015

Norma Oficial Mexicana NOM-042-SEMARNAT-2003, que establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos totales o no metano, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y partículas provenientes del escape de los vehículos automotores nuevos.

Considerando aquellos vehículos cuyo peso bruto vehicular no exceda los 3,857 kilogramos, que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y diésel, así como de las emisiones de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible de dichos vehículos (DOF, 2005).

Objetivo: Establecer los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos totales o no metano, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y partículas provenientes del escape de los vehículos automotores nuevos cuyo peso bruto vehicular no exceda los 3,857 kilogramos, que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y diésel, así como de las emisiones de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible de dichos vehículos.

Campo de aplicación: La presente Norma Oficial Mexicana aplica tanto a los vehículos nuevos fabricados en México, como a los fabricados en otros países que se importen definitivamente en el territorio nacional. Esta norma es de observancia obligatoria para los fabricantes e importadores de dichos vehículos.

Establecimientos: Los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos no metano, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y partículas provenientes del escape de los vehículos automotores objeto de la presente NOM, así como de las emisiones de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible de dichos vehículos (ver Tabla 23).

Tabla 23 Establecimientos de la NOM-042-SEMARNAT-2003

<table>
<tr><th></th><th></th><th colspan="2">CO g/km</th><th colspan="2">HCNM g/km</th><th colspan="2">NOx g/km</th><th colspan="2">Part (1) g/km</th><th colspan="2">HCev (2) g/prueba</th></tr>
<tr><th>Estándar</th><th>Clase</th><th>Gasolina, gas L.P. y gas natural</th><th>Diésel</th><th>Gasolina, gas L.P. y gas natural</th><th>Diésel</th><th>Gasolina, gas L.P. y gas natural</th><th>Diésel</th><th>Gasolina, gas L.P. y gas natural</th><th>Diésel</th><th>Gasolina, gas L.P. y gas natural</th><th>Diésel</th></tr>
<tr><td rowspan="5">A</td><td>VP</td><td rowspan="2">2.11</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2">0.156</td><td rowspan="2"></td><td>0.25</td><td>0.62</td><td>-</td><td>0.050</td><td rowspan="5">2.0</td><td rowspan="5">-</td></tr>
<tr><td>CL1 y VU</td><td rowspan="2">0.44</td><td rowspan="2">0.62</td><td rowspan="2">-</td><td rowspan="2">0.062</td></tr>
<tr><td>CL2 y VU</td><td rowspan="2">2.74</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2">0.200</td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>CL3 y VU</td></tr>
<tr><td>CL4 y VU</td><td>3.11</td><td></td><td>0.240</td><td></td><td>0.68</td><td>0.95</td><td>-</td><td>0.075</td></tr>
<tr><td rowspan="5">B</td><td>VP</td><td rowspan="3">2.11</td><td rowspan="3"></td><td rowspan="3">0.099</td><td rowspan="3"></td><td rowspan="5" colspan="2">0.249</td><td>-</td><td>0.050</td><td rowspan="5">2.0</td><td rowspan="5">-</td></tr>
<tr><td>CL1 y VU</td><td rowspan="2">-</td><td rowspan="2">0.062</td></tr>
<tr><td>CL2 y VU</td></tr>
<tr><td>CL3 y VU</td><td rowspan="2">2.74</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2">0.121</td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>CL4 y VU</td><td>-</td><td>0.075</td></tr>
<tr><td rowspan="5">C</td><td>VP</td><td rowspan="5">2.11</td><td rowspan="5"></td><td rowspan="3">0.047</td><td rowspan="3"></td><td rowspan="3" colspan="2">0.068</td><td>-</td><td>0.050</td><td rowspan="5">2.0</td><td rowspan="5">-</td></tr>
<tr><td>CL1 y VU</td><td rowspan="2">-</td><td rowspan="2">0.062</td></tr>
<tr><td>CL2 y VU</td></tr>
<tr><td>CL3 y VU</td><td rowspan="2">0.087</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2" colspan="2">0.124</td></tr>
<tr><td>CL4 y VU</td><td>-</td><td>0.075</td></tr>
</table>

Fuente: NOM-042-SEMARNAT-2003.

NOM-048-SEMARNAT-1993. Niveles máximos de emisión de hidrocarburos, monóxido de carbono y humos en motocicletas a gasolina o gasolina-aceite.

Considera que las motocicletas en circulación que usan gasolina o mezcla de gasolina aceite como combustible generan contaminantes a la atmósfera que deterioran la calidad del aire y alteran el equilibrio ecológico, por lo que es necesario establecer los niveles máximos permisibles de emisión que aseguren una calidad del aire satisfactoria para la población y la protección ambiental.

Objetivo: Esta Norma Oficial Mexicana establece los niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos, monóxido de carbono y humo provenientes del escape de motocicletas en circulación que usan gasolina o mezcla de gasolina aceite como combustible.

Campo de aplicación: La presente Norma Oficial Mexicana es de observancia obligatoria en las motocicletas que usan gasolina o mezcla de gasolina-aceite como combustible.

Especificaciones:

Para motocicletas en circulación que usan mezcla de gasolina-aceite como combustible (ver Tabla 24).

Tabla 24 Niveles máximos permisibles de opacidad del humo

Niveles máximos permisibles de opacidad del humo			
Error: marcador no definido. Volumen de desplazamiento nominal CC	Opacidad por ciento	Unidades Hartridge	Unidades Bosch
0-100 **101-175** **176- en adelante**	55 60 60	55 60 60	4.2 4.5 4.5

Fuente: NOM-048-SEMARNAT-1993

Para motocicletas en circulación que usan gasolina como combustible (ver Tabla 25).

Tabla 25 Niveles máximos permisibles de emisión

Niveles máximos permisibles de emisión		
Error: marcador no definido. Volumen de desplazamiento nominal CC	Monóxido de carbono por ciento de volumen	Hidrocarburos por partes por millón
50-249 250-749 750- en adelante	3.5 4.0 4.5	450 500 550

Fuente: NOM-048-SEMARNAT-1993

NORMA Oficial Mexicana NOM-050-SEMARNAT-2018, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos.

Establece que, para la protección a la atmósfera, de acuerdo a la fracción II del artículo 110 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, se considerará que las emisiones de contaminantes de la atmósfera, sean de fuentes artificiales o naturales, fijas o móviles, deben ser reducidas y controladas, para asegurar una calidad del aire satisfactoria para el bienestar de la población y el equilibrio ecológico.

Que los vehículos automotores en circulación que usan gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos, emiten a la atmósfera diversos contaminantes que deterioran la calidad del aire, por lo que es necesario su control, estableciendo límites máximos permisibles de emisión de contaminantes para lograr que operen bajo un óptimo desempeño ambiental (DOF, 2018).

Objetivo: Establecer los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno; así como el límite mínimo y máximo de la suma de monóxido y bióxido de carbono y el Factor Lambda para vehículos en circulación que utilizan gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos.

Campo de aplicación: Esta norma es de observancia obligatoria para los propietarios o legales poseedores de los vehículos automotores que utilizan gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos, que circulan en el país, exceptuando aquellos que circulan en las entidades federativas de Ciudad de México, Hidalgo, Estado de México, Morelos, Puebla y Tlaxcala. Asimismo, están obligados a su cumplimiento los responsables de los Centros de Verificación Vehicular o de las Unidades de Verificación.

NORMA Oficial Mexicana NOM-076-SEMARNAT-2012, Que establece los niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno provenientes del escape, así como de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible, que usan

gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y otros combustibles alternos y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores con peso bruto vehicular mayor de 3,857 kilogramos nuevos en planta.

Que la evolución y el desarrollo de las zonas urbanas y metropolitanas, a nivel Nacional, han venido acompañados por la multiplicación de los problemas ambientales originados, entre otras causas, por la concentración de la población, el incremento en la actividad industrial, el aumento en las unidades que componen el parque vehicular, las actividades domésticas y aquellas de dotación de servicios.

Que, para mejorar la calidad del aire, preponderantemente en las zonas urbanas, es indispensable que, entre otras medidas, los vehículos automotores generen menores emisiones de contaminantes, introduciendo aquellas tecnologías que permitan contar con vehículos más limpios y eficientes. Que para mejorar la calidad del aire en nuestro país y reducir el riesgo al ambiente y a la salud de la población, originado por la concentración de contaminantes en la atmósfera, se estimó necesario establecer límites máximos permisibles de emisiones contaminantes más estrictos, para lo cual se tomaron en consideración las regulaciones (DOF, 2012).

Objetivo: El objetivo de la presente Norma Oficial Mexicana es establecer los límites máximos permisibles de emisiones de hidrocarburos (HC), hidrocarburos no metano (HCNM), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x) e hidrocarburos no metano más óxidos de nitrógeno (HCNM+NOx), provenientes del escape de motores nuevos que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y otros combustibles alternos que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores, así como unidades nuevas equipadas con este tipo de motores, con peso bruto vehicular mayor a 3,857 kilogramos, y de las emisiones de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible de dichos vehículos.

Campo de Aplicación: Esta Norma Oficial Mexicana es de observancia obligatoria para los fabricantes, importadores y ensambladores de motores nuevos que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores con peso bruto vehicular mayor a 3,857

kilogramos que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y otros combustibles alternos; así como para unidades nuevas equipadas con este tipo de motores.

Especificaciones: Las especificaciones de los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos totales, hidrocarburos no metano, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno, provenientes del escape de los vehículos automotores nuevos, así como de las emisiones de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible de dichos vehículos (ver Tabla 26).

Tabla 26 Límites máximos permisibles de emisión para vehículos peso bruto mayor de 3,857 y hasta 6,350 kilogramos.

Límites máximos permisibles de emisión de motores que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores con peso bruto vehicular mayor de 3,857 y hasta 6,350 kilogramos					
Estándar	HC g/bhp-hr	HCNM g/bhp-hr	CO g/ bhp-hr	NOx g/bhp-hr	HCev g/ prueba
A	1.1	No aplica	14.4	4.0	3.0
B	No aplica	0.14	---	0.2	1.75

Fuente: NOM-076-SEMARNAT-2012

La medición de HCev sólo aplica para vehículos a gasolina y gas L.P.

El **Estándar A** se refiere a los límites máximos permisibles para unidades nuevas a partir de la entrada en vigor de esta Norma Oficial Mexicana y hasta la entrada en vigor del Estándar B. Estos límites se probarán utilizando el método de prueba Ciclo Transitorio descrito en el numeral 4.10.1. de la Norma.

El **Estándar B** contempla los límites máximos permisibles para unidades nuevas producidas, siempre y cuando exista plena disponibilidad en todo el país de gasolina Magna o la que la sustituya, con contenido promedio de 30 ppm y 80 ppm máximo de azufre. Estos límites se probarán utilizando el método de prueba Ciclo Transitorio descrito en el numeral 4.10.1. de la norma.

Tabla 27 Límites máximos permisibles de emisión de motores para vehículos automotores con peso bruto vehicular mayor a 6 350 kilogramos

Límites máximos permisibles de emisión de motores que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores con peso bruto vehicular mayor a 6 350 kilogramos					
Estándar	HC g/bhp-hr	HCNM g/bhp-hr	CO g/ bhp-hr	NOx g/bhp-hr	HCev g/ prueba
A	1.9	No aplica	37.1	4.0	3.0
B	No aplica	0.14	14.4	0.2	2.3

Fuente: NOM-076-SEMARNAT-2012

1. La medición de HCev sólo aplica para vehículos a gasolina y gas L.P.

Tabla 28 Límites máximos permisibles de emisión de motores que emplean gas natural como combustible

Límites máximos permisibles de emisión de motores que emplean gas natural como combustible y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores, probados mediante el Ciclo Europeo de Transición					
Estándar	CH4 g/kWh	HCNM g/kWh	CO g/kWh	NOx g/kWh	Part g/kWh
A	1.10	0.55	4.00	3.50	No aplica
B	1.10	0.55	4.00	2.00	0.03

Fuente: NOM-076-SEMARNAT-2012

Las especificaciones de los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos no metano, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, provenientes del escape de los Vehículos Automotores Completos, así como de las emisiones de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible de dichos vehículos.

Tabla 29 Límites máximos permisibles de emisión de Vehículos Automotores Completos con peso bruto vehicular mayor de 3,857 y hasta 6,356 kilogramos

Límites máximos permisibles de emisión de Vehículos Automotores Completos con peso bruto vehicular mayor de 3,857 y hasta 6,356 kilogramos					
Estándar		**HCNM g/km**	**CO g/km**	**NOx g/km**	**HCev g/ prueba**
A	de 3,857 a 4,536 kg	0.285	3.418	0.807	3.0

	de 4,537 a 6,356 kg	0.372	4.350	1.243	3.0
B	de 3,857 a 4,536 kg	0.121	3.977	0.124	1.75
	de 4,537 a 6,356 kg	0.142	4.536	0.248	2.30

Fuente: NOM-076-SEMARNAT-2012

2.2.4. Normas Mexicanas

Las Normas Oficiales Mexicanas son normatividades que expresan obligatoriedad en su implementación, por otra parte, las Normas Mexicanas (NMX) expresan una recomendación de parámetros o procedimientos. Las NMX son documentos técnicos, se especifican las características que deben cumplir los productos para cumplir con sus funciones a través de cualidades y métodos que permiten definir grados de calidad. Las NMX contribuyen al fomento de la competitividad y aplicación de las mejores prácticas internacionales en diversos sectores (Iluminet, 2016).

NMX-AA-023-1986.

Protección al ambiente-contaminación atmosférica –terminología. Su objetivo consiste en establecer los términos y definiciones generales utilizados en contaminación atmosférica, para complementar las normas y reglamentos correspondientes (Secretaría de Comercio y fomento industrial, 1986).

Norma Mexicana NMX-AA-011-1993-SCFI

Método de prueba para la evaluación de emisiones de gases del escape de los vehículos automotores nuevos en planta que usan gasolina como combustible. La determinación de los hidrocarburos totales no quemados, la mezcla de hidrocarburos que excluye al metano, el monóxido de carbono, los óxidos de nitrógeno y partículas suspendidas provenientes del escape de los vehículos automotores e hidrocarburos evaporativos, deberá realizarse con los procedimientos y equipos previstos en la Norma Mexicana NMX-AA-011-1993-SCFI (DOF, 1999).

NMX-AA-151-SCFI-2013.

Evaluación de tecnologías reductoras de emisiones y/o de consumo de combustible para vehículos con motor de combustión interna – especificaciones (DOF, 2013).

Objetivo: Establecer criterios, requisitos y especificaciones de evaluación de tecnologías alternativas como son: aditivos, filtros de partículas, convertidores catalíticos, dispositivos electromagnéticos, sistemas reductores, aditivos líquidos y sólidos, utilizadas en vehículos con motor de combustión interna para disminuir sus emisiones contaminantes a la atmósfera y/o la mejora del rendimiento del combustible.

Campo de aplicación: Esta Norma Mexicana es de aplicación nacional, estableciendo los procedimientos y requisitos para los proveedores o empresas encargadas de promover tecnologías alternativas de reducción de emisiones contaminantes y/o mejora del rendimiento energético, para cumplir con el esquema de regulación ambiental establecido por los instrumentos normativos y de fomento ambiental. Esta norma no es aplicable para los aditivos de aceites lubricantes.

2.3. Legislación estatal

2.3.1. Leyes

Ley de Desarrollo sustentable y Protección al Ambiente del Estado de México

Esta ley contempla el cumplimiento de cuatro objetivos generales:

a) Regular el ejercicio de las atribuciones que en materia ambiental corresponden a las autoridades estatales y municipales del Estado de México.
b) Garantizar el derecho de toda persona, dentro del territorio del Estado de México, a vivir en un ambiente sano y equilibrado, adecuado para su desarrollo, salud y bienestar, que debe ser una de las principales garantías sociales de los mexiquenses.

c) Regular el aprovechamiento sustentable, la preservación y, en su caso la restauración de los elementos naturales, de manera que sea compatible la obtención de beneficios económicos con la preservación de los ecosistemas.

d) Asegurar el derecho a la participación de las personas dentro del territorio del Estado de México, en forma individual o colectiva, en la preservación y restauración del equilibrio ecológico, el desarrollo sustentable y la protección al ambiente.

A través de esta ley se considera indispensable definir los hechos y acciones que deben considerarse como de utilidad pública, orden público e interés social, abordando temas relacionados con el ordenamiento ecológico, evaluación del impacto ambiental de actividades, aprovechamientos u obras, impulsar la participación ciudadana para preservar o restaurar el equilibrio ecológico (ver Tabla 30). (Grupo parlamentario del Partido Verde Ecologista de México. 1997).

Tabla 30 Artículos de la Ley de Desarrollo sustentable y Protección al Ambiente del Estado de México

Artículos de la Ley de Desarrollo sustentable y Protección al Ambiente del Estado de México relacionados con las islas de calor urbano		
Artículo	**Organismo encargado**	**Descripción**
6	Ejecutivo Estatal	VIII. Controlar la contaminación de la atmósfera en todo el territorio del Estado de México, generada por fuentes fijas o móviles de jurisdicción local.
86		Deberá regularse la emisión de contaminantes a la atmósfera que ocasione o pueda ocasionar desequilibrios a los ecosistemas o daños al ambiente.
91	Secretaría según sea el caso. Autoridades municipales	En materia de prevención y control de la contaminación producida por fuentes móviles, se debe elaborar directamente o mediante acuerdos de colaboración.

Fuente: Elaboración propia basado en la Ley de Desarrollo sustentable y Protección al Ambiente del Estado de México (1997).

Ley de cambio climático del Estado de México

Tabla 31 Artículos de la Ley de cambio climático del Estado de México

Artículos de la Ley de cambio climático del Estado de México relacionados con las islas de calor urbano		
Artículo	**Organismo encargado**	**Descripción**
Título primero. Disposiciones generales		
6	Ayuntamientos	VIII. Implementar lineamientos generales obligatorios para el ahorro, eficiencia en el uso de energía y en el uso de tecnologías ecológicas de bajo costo que mitiguen el cambio climático.
7	Sectores social y privado	Establecer las bases e instrumentos para promover el fortalecimiento de capacidades institucionales y sectoriales para la adaptación al cambio climático, así como para la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero. XVI. Convenir la realización de acciones, proyectos e inversiones concertadas hacia el cumplimiento de lo dispuesto en el PEACC.
8	Ayuntamientos	Fomentar la investigación científica y tecnológica, el desarrollo, transferencia y despliegue de tecnologías, equipos y procesos para la adaptación al cambio climático, así como para la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero, con el apoyo del Instituto.
Capítulo II Instituto Estatal de Energía y Cambio Climático		
10	Instituto	I. Realizar por sí mismo o por conducto de terceros, estudios y proyectos de investigación científica o tecnológica con instituciones académicas, de investigación, públicas o privadas, nacionales o extranjeras en materia de cambio climático, eficiencia energética y energías renovables.
Capítulo III Comisión Intersecretarial de Cambio Climático		
17	Comisión	VII. Proponer y encargar estudios, proyectos de investigación científica o tecnológica en materia de cambio climático, eficiencia energética y utilización de fuentes de energía renovables. X. Definir acciones, proyectos en materia de cambio climático que sean estratégicos.
25	PEACC	El PEACC contendrá, cuando menos, los elementos siguientes: I. Diagnóstico general y estatal del Cambio Climático II. Descripción geográfica general del Estado, resaltando aspectos del medio físico, económico y cultural. III. Inventario de emisiones de Gases de Efecto Invernadero. IV. Escenarios climáticos del Estado (temperatura y precipitación) a corto, mediano y largo plazo. V. Metas de corto, mediano o largo plazo.

Fuente: Elaboración propia basado en la Ley de cambio climático del Estado de México (2013).

2.3.2. Libros

Libro Quinto del Código Administrativo del Estado de México: del Ordenamiento Territorial de los Asentamientos Humanos y del Desarrollo Urbano de los Centros de Población.

El Libro Quinto del Código Administrativo del Estado de México denominado "Del Ordenamiento Territorial de los Asentamientos Humanos y del Desarrollo Urbano de los Centros de Población" tiene como objeto fijar las bases para planear, ordenar, regular, controlar, vigilar y fomentar el ordenamiento territorial de los asentamientos humanos y el desarrollo urbano de los centros de población en la Entidad (ver Tabla 32), procurando garantizar los derechos de la población en materia de desarrollo urbano sustentable (Gobierno del Estado de México, s.a.).

Tabla 32 Artículos del Libro Quinto del Código Administrativo del Estado de México

Artículos del Libro Quinto del Código Administrativo del Estado de México relacionados con las islas de calor urbano		
Artículo	**Organismo encargado**	**Descripción**
5.1		I. Fijar las normas básicas e instrumentos para planear y regular el ordenamiento territorial de los asentamientos humanos y el desarrollo urbano en la Entidad, con pleno respeto a los derechos humanos.
5.2	Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano.	En el ordenamiento territorial de los asentamientos humanos y el desarrollo urbano de los centros de población, se deberán observar los principios generales de política pública siguientes: derecho a la ciudad, equidad e inclusión, derecho a la propiedad urbana, coherencia, racionalidad, participación democrática, transparencia, productividad, eficiencia, protección, progresividad del espacio público, resiliencia, seguridad urbana y riesgos, sustentabilidad ambiental, accesibilidad universal y movilidad.
		I. El ordenamiento territorial de los asentamientos humanos atenderá:
		a) El ordenamiento ecológico del territorio.
		b) La distribución equilibrada de la población y sus actividades en el territorio estatal, en función de la sustentabilidad ambiental de los procesos de desarrollo económico y social.
		c) La eficiente interrelación y la conectividad de los centros de población.

		d) La mitigación de los efectos negativos en el ambiente derivados del crecimiento urbano.
		e) El ordenamiento territorial de las regiones y zonas metropolitanas, creación de instrumentos de gobernanza metropolitana, desarrollo urbano equilibrado racional y congruente del Estado.
		f) El impulso de centros de población que presenten condiciones favorables para absorber flujos de población.
		g) La información sobre las regiones o zonas geográficas vulnerables a los efectos adversos del cambio climático contenida en los Atlas de Riesgos del Estado de México y en los Atlas municipales de riesgos.
5.15	Comisión	g) La gestión integral del agua y los recursos hidráulicos, incluyendo el agua potable, el drenaje, saneamiento, tratamiento de aguas residuales, recuperación de cuencas hidrográficas y aprovechamiento de aguas pluviales. h) La preservación y restauración del equilibrio ecológico, el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y protección al ambiente, incluyendo la calidad del aire y la protección de la atmósfera.

Fuente: Elaboración propia basado en el Libro Quinto del Código Administrativo del Estado de México.

2.3.3. Reglamentos

Reglamento del Libro Quinto del Código Administrativo del Estado de México

De acuerdo con el contexto del Pilar Territorial, para generar un ordenamiento territorial sustentable y un desarrollo urbano enfocado en la accesibilidad es necesario implementar un sistema de planeación apegado a la Nueva Agenda Urbana que impulse un desarrollo regional equilibrado y sostenible, fomentar estructuras urbanas orientadas a la accesibilidad, competitividad e integración Social, impulsar un mayor equilibrio espacial entre la vivienda y el empleo, fomentando usos mixtos e iniciativas de coordinación con el sector privado (ver Tabla 33), además de actualizar, vincular e instrumentar los ordenamientos legales de planeación territorial y ambiental (Gobierno del Estado de México, 2020).

Tabla 33 Artículos del Reglamento del Libro Quinto del Código Administrativo del Estado de México

Artículos del Reglamento del Libro Quinto del Código Administrativo del Estado de México relacionados con las islas de calor urbano		
Artículo	**Organismo encargado**	**Descripción**
2	Comisión de Impacto Estatal	VII. Evaluación de Impacto Estatal: sustentado en una o más evaluaciones técnicas de impacto en materia de desarrollo urbano, protección civil, medio ambiente, comunicaciones, movilidad, agua, drenaje, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, previo análisis normativo multidisciplinario, según corresponda, cuya finalidad es determinar la factibilidad de proyectos nuevos, ampliaciones o actualizaciones, que por el uso o aprovechamiento del suelo generen efectos en la infraestructura, el equipamiento urbano, servicios públicos, en el entorno ambiental o protección civil, en términos de las disposiciones jurídicas aplicables.
41		Los programas contendrán: XIX. Estrategias y proyectos para el desarrollo integral de la zona metropolitana, que articulen los distintos ordenamientos, planes o programas de desarrollo social, económico, urbano, turístico, ambiental y de cambio climático que impactan en su territorio.

Fuente: Elaboración propia basado en el Reglamento del Libro Quinto del Código Administrativo del Estado de México.

2.3.4. Planes

Plan de Desarrollo del Estado de México 2017-2023

Este documento se elaboró con la participación de diversos expertos en diferentes rubros, pertenecientes al sector público, privado y de la sociedad civil, donde se establecen los objetivos, metas y estrategias a implementar durante la administración en curso. El Plan de Desarrollo del Estado de México, se encuentra dividido en cuatro pilares: social, económico, territorial y seguridad (Gobierno del Estado de México, 2018).

Respecto al pilar Territorial, expresa que toda sociedad que requiere producir bienes y servicios para satisfacer diversas necesidades, además de crear un entorno en orden, con bienestar y oportunidades, por lo tanto, se requieren de otros insumos presentes en el territorio para la creación de dichos satisfactores, entre ellos: mano de obra, maquinaria, infraestructura, recursos naturales (agua, suelo, energía, flora y fauna silvestre), donde la adecuada administración de recursos naturales, además de la

preservación del medio ambiente es de suma importancia, ya que por las características naturales, sociales, económicas y culturales del Estado de México, se presentan áreas de elevada susceptibilidad a diversos fenómenos asociados al cambio climático (ver Tabla 34).

En la actualidad, no existen programas que aborden integralmente la necesidad de contener la expansión de la mancha urbana, causa principal que pone en riesgo la calidad del medio ambiente y su impacto en áreas naturales, modifica los patrones de consumo energético y capacidad de recarga de los acuíferos. Se propone la coordinación con los municipios para diseñar iniciativas para implementar estrategias congruentes entre sí (Gobierno del Estado de México, 2018).

Tabla 34 Plan de Desarrollo del Estado de México 2017-2023

Plan de Desarrollo del Estado de México 2017-2023		
Punto	**Estrategia**	**Líneas de acción**
3.2.3.	Mejorar la educación ambiental e impulsar la adopción de medidas de mitigación y adaptación al cambio climático en los municipios	• Promover que las escuelas mexiquenses se transformen en espacios ambientalmente responsables. • Fomentar el desarrollo, transferencia, divulgación y difusión de tecnologías, equipos y procesos para la adaptación al cambio climático. • Fortalecer la sinergia de trabajo con la federación, los municipios e instancias internacionales, con relación al cambio climático.
3.2.5.	Vincular y gestionar los instrumentos de planificación para minimizar los efectos del cambio climático.	• Homogeneizar y vincular instrumentos de planeación territorial, ambiental y urbano que inciden en las regiones del estado. • Desarrollar una cartera de proyectos de mitigación y adaptación al cambio climático de las ciudades, relacionada con la planeación local ante el cambio climático y el Instituto Estatal de Energía y Cambio Climático.

Fuente: Elaboración propia basada en el Plan de Desarrollo del Estado de México 2017-2023, pp. 169 y 170.

Plan Estatal de Desarrollo Urbano 2019

Es un documento que establece políticas, estrategias y objetivos aplicables en el Estado de México, cuyo enfoque se centra en el desarrollo urbano y ordenamiento territorial para los asentamientos humanos (Gobierno del Estado de México, 2021).

El tema de sustentabilidad ha tomado mayor relevancia a nivel internacional durante los últimos años, siendo la urbanización y la sostenibilidad en las ciudades aquellos factores que requieren de acciones prioritarias y estratégicas, con el objetivo de alcanzar un desarrollo equilibrado, cuyas acciones especializadas se encuentran plasmadas en este plan, abordando de igual forma los Objetivos de la Agenda 2030.

El Modelo de Planeación que propone el Nuevo Plan Estatal de Desarrollo Urbano establece las Áreas de Ordenamiento y Regulación (AOR) como unidad mínima territorial, donde se aplican políticas además de estrategias urbanas; cuyo propósito se centra en reducir la desigualdad, el rezago social y la marginación en el territorio mexiquense (ver Tabla 35).

Tabla 35 Criterios de planeación municipal del Plan Estatal de Desarrollo Urbano 2019

Criterios de planeación municipal del Plan Estatal de Desarrollo Urbano 2019	
Esquemas simplificados de planeación	Para aquellos municipios con incipientes procesos de urbanización y/o con pocas capacidades técnicas, administrativas y económicas para elaborar un Plan de Desarrollo Urbano; en donde se promuevan el uso de metodologías simplificadas que requieran menos recursos económicos
Planeación sectorial de desarrollo urbano	Para los municipios que tienen más de 95 mil habitantes para el año 2042 y que no forman parte de alguna zona metropolitana, deberán profundizar en la planeación de los siguientes componentes: abasto de agua potable, saneamiento y movilidad, mediante la incorporación de las estrategias de espacio público y de movilidad sustentable del PEDU.
Planeación metropolitana	Es imperante planificar las zonas metropolitanas en conjunto pues se debe profundizar en la planeación de los siguientes subsistemas: abasto de agua potable y saneamiento, mediante Planes Maestros de Infraestructura Hidráulica, riesgos naturales y movilidad sustentable, a través de la elaboración del Plan Integral de Movilidad Sustentable (PIMUS).

Fuente: Elaboración propia basado en el Plan Estatal de Desarrollo Urbano 2019.

Este plan identifica los lineamientos, normativas, acciones y proyectos estratégicos a nivel regional, así como, las políticas rectoras para el desarrollo urbano, mismos que

deben incorporarse en los planes regionales, municipales y parciales que correspondan. Por otra parte, el plan es resultado de la instrumentación de la Nueva Agenda Urbana en el Estado de México, que impulsa fortalezas y oportunidades que ofrece el Estado de México, para lograr que las ciudades y los asentamientos humanos mexiquenses tengan seguridad, sean compactos, conectados, inclusivos, sostenibles, competitivos y resilientes.

2.3.5. Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático

Está basado en la Ley de Cambio Climático del Estado de México, el programa es resultado de la construcción de políticas públicas en la materia como parte de la iniciativa para establecer bases de cálculo para el inventario de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), además de desarrollar medidas de mitigación y adaptación al cambio climático de la entidad de manera general.

Su objetivo consiste en elaborar estudios técnicos de investigación y divulgación científica que permitan apoyar en el diseño de políticas públicas sustentables con acciones estratégicas en el combate al cambio climático, dotando al Estado con un instrumento planeación que integre, articule y coordine las acciones y políticas públicas en materia de Cambio Climático en la Entidad, promoviendo la vinculación de gobierno, academia y sociedad civil, para que de esta manera se pueda entender el Cambio Climático en el contexto internacional, nacional, estatal y municipal (IEECC, 2020).

Entre las consideraciones sobre la vulnerabilidad en distintos sectores del Estado, se aborda: vulnerabilidad ambiental, peligros Hidro-meteorológicos, vulnerabilidad a la salud, enfermedades respiratorias o diarreicas agudas, enfermedades transmitidas por vectores, vulnerabilidad socio-económica, agrícola y social (temperatura y precipitación), social urbana (temperatura), pecuaria (precipitación) y finalmente socio-económica actual.

2.4. Legislación municipal

2.4.1. Plan de Desarrollo Municipal de Metepec 2022-2024

En este documento se indican lineamientos técnicos en conjunto con participación social para integrar un documento donde se plasmen políticas gubernamentales aplicables en el municipio de Metepec. La Metodología desarrollada para el diseño de este plan, fue proporcionada por el Centro Latinoamericano de Administración para el Desarrollo (CLAD), mismo que sustenta el proceso de planeación en un horizonte de corto, mediano y largo plazo, teniendo como referencia la Agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas.

La estructura del documento está dividida en once apartados sustantivos, a través de la participación ciudadana, se dio un acercamiento directo con la población, tomando como referencia sus experiencias cotidianas, las propuestas que les parezcan con mayor factibilidad, identificar los problemas, necesidades y alternativas de solución (Gobierno de Metepec, 2022).

Para la investigación, se toma como referencia el Pilar 3. Territorial: Municipio Ordenado, Sustentable y Resiliente, con énfasis en la distribución territorial, el uso y consumo energético para comprender el origen de emisiones de Gases de Efecto Invernadero en Metepec, para ello se describen los niveles de centralidades del municipio (ver Tabla 36).

Tabla 36 Niveles de centralidades en el municipio de Metepec

Niveles de centralidades en el municipio de Metepec		
Nivel 1	Cabecera municipal	Concentra comercios y servicios a nivel municipal, hasta metropolitano; se define una política de impulso para consolidar su papel como Centro Urbano dentro del Sistema Urbano del Estado de México.
Nivel 2	Servicios urbanos	De carácter local a los cuales se les establece una política de control.
Nivel 3	Centros concentradores de servicios rurales	Facilitan el acceso a comercios y servicios básicos.

Fuente: Elaboración propia basada en el Plan de Desarrollo Municipal de Metepec 2022-2024

De acuerdo con el Plan de Desarrollo Municipal de Metepec 2022-2024 describe la clasificación del territorio municipal (ver Tabla 37).

Tabla 37 Clasificación territorial del municipio de Metepec

Clasificación territorial del municipio de Metepec			
Área	**Descripción**	**Porcentaje de la superficie municipal ocupado**	
Área urbana	Constituye el territorio urbanizado ocupado por asentamientos humanos cuentan con infraestructura instalada, equipamientos y servicios, sin perjuicio de que coexistan con predios baldíos o carentes de servicios.	No especificado	
Área urbanizable	Es la prevista para el crecimiento de los centros de población del municipio, las cuales cuentan con condiciones físicas y geográficamente aptas para ser dotadas de infraestructura, equipamiento y servicios públicos; definida para la atención a políticas y estrategias de desarrollo urbano.	58.26 km^2	83.60%
Área no urbanizable	Estas zonas por sus características están definidas como no aptas para el desarrollo urbano, por tanto, no dotables de servicios.	11.43 km^2	16.4%

Fuente: Elaboración propia basada en el Plan de Desarrollo Municipal de Metepec 2022-2024

Respecto al consumo energético, el municipio de Metepec ha fomentado el uso de tecnologías para el ahorro y uso eficiente de la energía, a través de la instalación en espacios públicos y escuelas de tecnología como iluminarias LED. Cabe destacar que el sector comercial es el mayor consumidor de energía en el municipio, con un consumo aproximado de 40%, seguido por el sector doméstico (30%) y el de servicios 25% (Gobierno de Metepec, 2022).

Por otra parte, respecto a la acción por el clima, el Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático (PEACC) señala las áreas con mayor susceptibilidad a inundaciones, incluyendo parte de la Región VIII Metepec. Resalta que los escenarios utilizados para analizar las tendencias climáticas indican un incremento de la temperatura media de entre 2.8°C y 3°C para la entidad, así como una disminución en la precipitación que pueden provocar riesgos para las personas y los ecosistemas.

Se han estado monitoreando los efectos del cambio climático en el municipio de Metepec. A través del Monitor de Sequía de CONAGUA, señala que el municipio ha presentado periodos secos e incluso con sequía moderada, situación que representa anormalidad. Durante los años 2020 y 2021, los periodos anormalmente secos fueron más prolongados.

El diagnóstico para la calidad ambiental de Metepec, describe las siguientes condiciones ambientales: la concentración actual de partículas PM2.5 en el aire de Metepec es 7.6 veces mayor que el valor anual establecido por las directrices de calidad del aire de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

El crecimiento del parque vehicular, la quema de polímeros o químicos en zonas tabiqueras, la deforestación, degradación del suelo, consumo de energía eléctrica, pérdida de biodiversidad, la disminución de cuerpos de agua, además de la expansión de la mancha urbana, son aspectos que han favorecido el cambio climático en el área, además de representar las principales fuentes de emisión de contaminantes hacia la atmósfera.

Las emisiones contaminantes identificadas en Metepec se cuentan en: 61.9% de monóxido de carbono (CO), 21.4% de COV, 8.6% de PM10, 5.3% de óxido nitroso (NOx), 1.5% de PM2.5, 1.1% de óxidos de azufre (SOx) y 0.1% de NOx, siendo las localidades de San Bartolomé Tlaltelulco, San Gaspar Tlahuelilpan y San Miguel Totocuitlapilco quienes aportan mayores emisiones debido a la actividad tabiquera, alfarera y doméstica (Gobierno de Metepec, 2022).

2.4.2. Plan municipal de Desarrollo Urbano Metepec

Es un instrumento normativo de planeación urbana que permite la introducción de normas y factores promotores del desarrollo que sean modernistas, apegándose con los cambios que enfrenta el mundo, el país, el estado y la ciudad.

El Plan Municipal de Desarrollo Urbano vigente aborda temas referidos al análisis demográfico por localidad y grado de marginación; presenta la descripción de localidades en el Municipio por su grado de homogeneidad en la dinámica urbana; información del crecimiento histórico y proceso de ocupación del suelo; tipología y demanda de vivienda, descripción de las vialidades (Ayuntamiento de Metepec, 2016). El objetivo general de este plan es hacer de Metepec un municipio sustentable, inteligente, que promueva el desarrollo económico, social, vertical, compacto e inclusivo (ver Tabla 38).

Tabla 38 Apartados del Plan municipal de Desarrollo Urbano Metepec

Apartados del Plan municipal de Desarrollo Urbano Metepec relacionados con las islas de calor urbano		
Apartado	**Organismo encargado**	**Descripción**
B	Ordenamiento urbano e imagen urbana	Definir una estructura vial que aproveche el potencial a todo lo largo y ancho del territorio municipal de manera integral.
		Promover los conceptos de crecimiento vertical y ciudad compacta en los corredores urbanos estructuradores y distritos urbanos con esa aptitud. Orientar el desarrollo a partir de criterios normativos de crecimiento vertical.
		En cuanto a la imagen urbana, conservar y mejorar los elementos que identifican a Metepec y le dan sentido de pertenencia y arraigo a sus habitantes, a la vez de propiciar conceptos nuevos, de vanguardia en cuanto a una imagen urbana contemporánea.
B.1	Políticas de Incorporación del Suelo al Desarrollo Urbano	Promover el ordenamiento territorial bajo un enfoque sustentable, que permita la competitividad en las actividades económicas y el desarrollo de la infraestructura, con la finalidad de crecer como municipio innovador y competitivo.
C) De ordenamiento sectorial:		
C.4	Construcción, Ampliación y Conservación de Infraestructura Regional	Construcción de las vialidades que complementen la estructura vial establecida.
C.5	Construcción, Ampliación y Conservación del Equipamiento Regional	Mejoramiento de las condiciones materiales de los equipamientos existentes, con la finalidad de prestar el servicio con mayor eficiencia.

C.9	Control de la Contaminación y Preservación Ecológica	Aplicación de ecotecnias en la construcción, que permitan una menor utilización tanto energética como de agua para la regulación térmica, una menor emisión de aguas residuales y una menor contaminación a los mantos freáticos.

Fuente: Elaboración propia basada en el Plan municipal de Desarrollo Urbano Metepec (2022).

2.4.3. Bando municipal

A través de documentos como el bando municipal, se establecen los establecimientos necesarios que desempeñen los ayuntamientos, a través de leyes y reglamentos, mismos que funjan como sustento legal para la actuación, además que permitan la equidad, justicia, orden y desarrollo social, fortaleciendo el papel del gobierno dentro de las sociedades, atendiendo las necesidades e intereses de la ciudadanía, entre ellos, brindar los instrumentos necesarios para tener un medio ambiente saludable, de esta manera se garantiza el bienestar de la población, además de una calidad de vida favorable (ver Tabla 39) (H. Ayuntamiento de Metepec, 2021).

Tabla 39 Apartados del Bando Municipal

Apartados del Bando Municipal relacionados con las islas de calor urbano		
Capítulo III del Sistema Municipal de Protección Civil y Bomberos		
V. Proponer el reordenamiento de los asentamientos humanos y del crecimiento urbano en el territorio municipal, señalando zonas de riesgo registradas en el Atlas de Riesgo vigente.		
Artículo	**Organismo encargado**	**Descripción**
54	Servicios públicos municipales	X. La prevención y control de la contaminación atmosférica, generada por fuentes fijas que emanen de unidades económicas o de servicios.
77	Dirección de Desarrollo Urbano, Metropolitano y Obras Públicas	I. Participar en el ordenamiento de los asentamientos humanos y del territorio municipal, así como expedir los reglamentos y disposiciones que regulen el desarrollo urbano. IX. Prohibir la apertura de vanos hacia áreas comunes y/o privadas, así como la construcción o cualquier tipo de edificación en áreas verdes, de uso común, de dominio público, zonas de amortiguamiento y aquéllas que el gobierno federal o estatal haya decretado como reserva de la biósfera. X. Realizar los estudios, proyectos y programas que impulsen y fortalezcan el mejoramiento de la infraestructura y del equipamiento urbano, considerando la demanda ciudadana,

		en el ámbito municipal en coadyuvancia con el ámbito metropolitano. XIV. Determinar el uso del suelo aprovechable, de acuerdo al Plan de Desarrollo Municipal, e informar, orientar y dar trámite a los cambios de uso de suelo, densidad, intensidad de su aprovechamiento e incremento de altura, de acuerdo con la compatibilidad de los usos y aprovechamiento de suelo en la zona. XXXIII. Proponer al Ayuntamiento las normas reglamentarias necesarias para regular el desarrollo urbano, el ordenamiento territorial, el uso del suelo e imagen urbana y la preservación del medio ambiente conforme a las disposiciones legales en la materia. XL. En todo inmueble donde se pretenda llevar a cabo una edificación, deberá forestar dentro del mismo, a razón de un árbol por cada 25 metros de área libre (En 100 m2=4 piezas), las especies a plantar serán de por lo menos de un metro de altura y que sean susceptible a poda.
99	Ayuntamiento	VIII. Formular y expedir los programas de ordenamiento ecológico municipal de su territorio. IX. Participar, coordinadamente con el ejecutivo estatal, en atención de asuntos que afecten el equilibrio ecológico de dos o más municipios y que generen efectos ambientales en su circunscripción territorial. X. Participar coordinadamente en la atención de emergencias y contingencias ambientales. XXI. Formular e impulsar programas y acciones en materia ambiental, los cuales serán desarrollados coordinadamente con las autoridades federales, estatales, municipales y la sociedad. XXIV. Diseñar e implementar políticas públicas para el mejoramiento de la calidad del aire en el territorio municipal, así como establecer acciones coordinadas con los municipios que integran la cuenca atmosférica. XXXIX. Fomentar en el municipio, la implementación de azoteas y muros verdes, con el objeto de aumentar el porcentaje de área verde, así como contribuir al cultivo de alimentos de forma orgánica, a fin de mejorar la calidad del aire y la economía de los habitantes.

Fuente: Elaboración propia basado en el Bando municipal de Metepec (2021).

2.4.4. Plan Regional de Desarrollo Urbano del Valle de Toluca

Este plan surge para atender las actuales necesidades del Valle de Toluca, ya que ha experimentado un crecimiento demográfico considerable durante las últimas décadas, siendo una zona metropolitana conurbada, además de existir una periferia metropolitana interconectada, donde se albergan importantes plantas industriales, aunado con infraestructura que hace factible el crecimiento urbano. En contraste, tiene potenciales vías de comunicación, condiciones ambientales aceptables, lo que favorece la habitabilidad en la zona, propiciando opciones adecuadas para residir en la zona (Gobierno del Estado de México, 2005).

El desarrollo regional busca establecer un proceso de desarrollo metropolitano donde exista integración social y económica de la Región del Valle de Toluca. El alcance de este sector consiste en tener la distribución adecuada de actividades y población dentro del territorio; uso, ocupación y utilización del suelo regional y metropolitano; infraestructura y equipamiento adecuados.

El plan muestra y describe el Sistema de ciudades actual, describiendo al municipio de Metepec como: un subcentro metropolitano en proceso de consolidación para su área de influencia directa y para la parte sur de la región, formando con Toluca, el centro regional metropolitano. Tiene influencia en municipios como Calimaya, Chapultepec, Mexicaltzingo, Rayón, San Antonio la Isla y Tenango. Cubre una población cercana al 50 % del total de la región. Tiene cobertura de servicios favorable, a tal grado que es superada por la capital del Estado (Gobierno del Estado de México, 2005).

Experimenta un proceso de modernización del espacio metropolitano debido al impulso en inversiones públicas y privadas, teniendo mayor relevancia en servicios comerciales y de salud. El proceso de crecimiento se basa en los equipamientos del corredor Toluca-Metepec (que determina la accesibilidad) y en la cabecera municipal. En contraste, otras carreteras que garantizan su accesibilidad son las carreteras: Toluca-Tenango, Mexicaltzingo-Tianguistenco y México – Toluca, carretera que ha hecho de Metepec un centro de atracción poblacional ubicado en el centro del país.

Los problemas ambientales y zonas que representan riesgo al medio ambiente plasmadas en el plan, señalan a los municipios Zinacantepec, Toluca, Metepec, Lerma y San Mateo Atenco como principales emisores de contaminantes atmosféricos en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca.

El plan recomienda aprovechar lo existente, para conservar y preservar las áreas naturales protegidas, evitando la expansión urbana sobre suelo con valor agropecuario y ambiental; asimismo, consolidar e impulsar el desarrollo en las áreas urbanas y urbanizables que cuentan con la infraestructura, equipamiento y vialidad para atender las necesidades de los usuarios, a través de la re densificación en áreas urbanas existentes, en los centros de población de importancia regional y en cabeceras municipales (Gobierno del Estado de México, 2005).

Se promueve la expansión de áreas urbanas en forma programada en lugares donde sea más efectivo, con menor costo en la inversión y mayor beneficio social, sin afectar la sustentabilidad regional. Para ello, se tiene la estrategia territorial, a través de la Estructura Urbano – Regional, constituida por usos del suelo regionales y metropolitanos, en 2 niveles:

a) Aptitud territorial (suelos aptos y no aptos al desarrollo urbano por condicionantes naturales y/o ambientales).
b) Suelos aptos clasificados en usos urbanizables, no urbanizables, urbanizables programados y Distrito de usos Estratégicos y Específicos un sistema de centros de población.

Se encuentran estructurados por función (rango, tamaño, posición geográfica estratégica, tradición y arraigo para la prestación de servicios y actividad económica), con un Sistema vial regional, suburbano y urbano con enlaces eficientes a partir de vialidades estructuradoras, así como vialidades estratégicas, concentraciones puntuales que favorecen brindar servicios regionales y metropolitanos.

2.4.5. Código de Reglamentación Municipal de Metepec, Estado de México

El presente código muestra las especificaciones adaptadas de acuerdo con las necesidades del municipio de Metepec, ya que este cuenta con el nombramiento de Pueblo Mágico, por lo que la rigurosidad en la aplicación de los presentes establecimientos plasmados en el código representa un nivel de cumplimiento riguroso (H. Ayuntamiento de Metepec, 2020).

Artículo 10.58. Las normas de imagen urbana establecidas en el presente Título, son aplicables a todas las construcciones existentes y a las que se lleven a cabo dentro del territorio municipal.

Artículo 10.61. Se definen cinco zonas integradas de la siguiente forma (ver Tabla 40):

Tabla 40 Zonificación del municipio de Metepec

Zonificación del municipio de Metepec		
Zona	**Denominación**	**Descripción**
I		Es la zona comprendida en el primer cuadro de la de Metepec y donde se desarrollan la mayor parte de las actividades políticas, económicas, administrativas y sociales que marcan la identidad del Municipio, a esta zona se le denominará definiendo al área donde se encuentra la mayor cantidad de monumentos históricos, arquitectura vernácula, artística y elementos histórico-urbanos como esculturas, parques, plazas y monumentos conmemorativos, con valores relevantes para la población o para la historia local, municipal, estatal o del país, y que por lo tanto requiere de una protección, normatividad y vigilancia integral.
II	Corredores Artesanales constituidos	En esta zona se localizan las calles que por tradición ofrecen artesanías a las y los visitantes y habitantes de la comunidad.
III	Ciudad Típica de Metepec	Esta zona se conforma por la parte restante de los barrios que integran el área considerada como Centro Histórico, los cuales en conjunto forman la cabecera municipal de Metepec.
IV		Está integrada por los pueblos históricos del Municipio.
V		Comprende el resto del Municipio en donde se ubican fraccionamientos, condominios y unidades habitacionales.

Fuente: Elaboración propia basada en el Código de Reglamentación Municipal de Metepec, Estado de México.

Artículo 10.67. Las edificaciones nuevas que se encuentren en la Zona I, deberán respetar las características de tipología de la misma, como son: escala de edificios colindantes, relación de vanos, materiales de construcción, proporciones, volumetría, formas de cubiertas y el color de acuerdo a este Título.

Artículo 10.70. Se permitirá la adaptación en los espacios originales interiores siempre y cuando resulten indispensables para el proyecto de adecuación y no dañen o alteren la estructura o la fisonomía exterior del inmueble.

Artículo 10.74. La localización de las construcciones dentro de los predios, se ajustará de acuerdo a las siguientes normas:

I. En las zonas I, II y III las construcciones deberán tener la forma y diseño a manera de que se integren al perfil urbano y alineamiento de los paramentos oficiales de acuerdo al presente ordenamiento.

II. Los alineamientos de calles y banquetas deberán respetarse de acuerdo al Plan Municipal de Desarrollo Urbano vigente, en casos de excepción cuando el monumento lo amerite y de ser posible de acuerdo a la normatividad establecida podrá moverse al original.

III. En las zonas I, II y III no se autorizarán construcciones provisionales y en la zona IV quedarán condicionadas a la autorización de la Dirección.

V. En la zona IV, se tiene la libertad en cuanto a las expresiones arquitectónicas siempre que se respete la normatividad del presente ordenamiento, la utilización de materiales de preferencia tradicionales, conservando el entorno natural, que no afecten las perspectivas del entorno histórico.

Artículo 10.77. En todas las zonas, las fachadas deberán siempre integrarse al entorno urbano del cual forman parte.

Artículo 10.79. En las zonas I, II y III las fachadas y guardapolvo de las construcciones deberán pintarse de acuerdo a la paleta de colores con pintura a la cal, tonos mate a una

altura de 1.00 a 1.20 metros. También se permite en aquellos inmuebles no históricos la utilización de pintura vinílica en colores mate.

Artículo 10.80. Las fachadas de los inmuebles en todos los barrios de la cabecera, deberán utilizar la paleta de colores del presente Título, en el perímetro de la zona IV se podrán utilizar otros colores, para lo cual se deberá presentar propuesta ante la Dirección, la cual no afectará bajo ninguna circunstancia el entorno de las otras zonas.

Artículo 10.81. Las fachadas de los inmuebles en todos los barrios podrán contar con un guardapolvo, el cual deberá ser de aplanado repellado fino, quedan exentos de esta disposición las fachadas que de origen tengan calas en aplanados originales otro color, que será conforme a la paleta de colores (ver Tabla 41).

Tabla 41 Colores propuestos para los barrios tradicionales

Barrios tradicionales	
Nombre del Barrio	Color
Barrio del Espíritu Santo	Rojo oxido (rojo colonial)
Barrio de Santa Cruz	Azules (preferentemente palermo)
Barrio de San Mateo	Verdes (preferentemente pasto)
Barrio de San Miguel	Cafés
Barrio de Coaxustenco	Rosas
Barrio de Santiaguito	Amarillo

Fuente: Código de Reglamentación Municipal de Metepec Estado de México (2020), pág. 413.

Artículo 10.82. En las zonas I, II y III queda prohibido en fachadas, el uso de block de concreto en forma aparente, al igual que los elementos aparentes de concreto armado, revestidos de material plástico, metálicos-asbestos y varillas.

I. En toda fachada de las zonas I, II y III, las puertas y los marcos de ventanas deberán realizarse de acuerdo a las características del estudio de imagen urbana, con madera barnizada de preferencia en color mate o tratado con aceite de linaza en tonos oscuros o naturales.

II. En las zonas I, II y III los enrejados deberán ser de hierro forjado o estructural, podrán tener aplicaciones con emplomados, pintado en color negro, café oscuro mate, rojo oxido o verde viejo u oxidado.

III. Para las zonas I, II y III, las puertas, marcos de ventanas y barandales deberán realizarse con las especificaciones técnicas emitidas por la Dirección. En las zonas III y IV se pueden incluir puertas de hierro forjado u ornamental, puertas estructurales con forma y diseño de tableados en tonos oscuros o de madera.

IV. En las Zonas I, II y III queda prohibido el uso de perfiles tubulares, de aluminio natural o dorado, pintura plateada o dorada, cristal flotado, bronce y vidrio-espejo o polarizado, así como las ventanas que sobresalgan del paño de la fachada.

V. Las fachadas de las construcciones en la Zona I deben estar revestidas con aplanado, únicamente se conservarán los acabados en piedra en marcos y pretiles que los tengan de origen, en el caso de construcciones modernas se podrán utilizar materiales naturales, siempre y cuando el proyecto retome las características tipológicas contenidas en este Capítulo, para lo cual utilizarán piedra, adobe, madera, teja y otros materiales etcétera.

VI. En las Zonas II y III, los materiales de las fachadas serán aplanados, repellado o fino, materiales naturales aparentes como adobe, sillar o tabique, piedra aparente, sin dejar a la vista cadenas, columnas u otros elementos de concreto armado, con previa autorización.

VI. En la Zona IV se podrán utilizar los mismos materiales de las Zonas I, II y III, también se podrán utilizar materiales ornamentales como el hierro forjado, madera y lámina chapeada, siempre y cuando no se encuentren próximos o colindantes a edificios con valor histórico, para lo cual requerirán de permiso I INAH, tampoco se podrán utilizar materiales que sean agresivos al contexto o que sean un riesgo para la comunidad, entre los que se encuentran las espumas de materiales artificiales y materiales inflamables.

Artículo 10.89. Queda prohibido la utilización de cortinas metálicas en las Zonas I, II y III, debiéndose utilizar puertas y portones de madera a fin de integrarse al contexto urbano.

Artículo 10.92. En todas las zonas, la altura de las edificaciones deberá corresponder a la altura dominante de la zona urbana de la cual forman parte 2.50, 3.60, 4.50 y 5.25 metros, para bardas y construcciones de un solo nivel y para construcciones de dos niveles 6.40, 7.20 y 7.50 metros.

Artículo 10.123. Las intervenciones en todas las Zonas tenderán a la conservación y mejoramiento del medio ambiente. El acabado en las plazas de áreas verdes o espacios públicos con vocación recreativa, incluyendo estacionamientos deberá de ser con sistemas permeables que permitan la filtración del agua al subsuelo con la finalidad de recargar los mantos freáticos y evitar que el agua de lluvia sea conducida a los drenajes, entre ellos se utilizará adopasto con sección para pasto mínimo de 5 centímetros y de concreto de 3 centímetros con resistencia este último de 250 Kg./cm² para el caso estacionamientos y de requerirse por el tipo de vehículos podrá reforzarse con acero mínimo de ¼ a en la cuadrícula del concreto.

Artículo 10.124. En los espacios abiertos se observará lo siguiente:

I. Todo parque o plaza, deportivos, patios y jardines están considerados como tipología condicionada.

II. Los parques y deportivos no podrán tener una superficie destinada a estacionamiento y áreas peatonales mayor del 30% del área total del predio en que se ubiquen; sus superficies deberán pavimentarse preferentemente con adoquín de concreto y podrán utilizarse otros sistemas permeables que permitan la captación de agua en beneficio de recargar los mantos freáticos, autorizando de preferencia el adopasto con las siguientes especificaciones: espacio mínimo de 5 cm² a cubrir con pasto y nervaduras de 3 centímetros, máximo en ambos sentidos con resistencia en el concreto de 250 Kg/cm², en caso de requerir reforzamiento se realizará con acero de refuerzo de ¼ o con resistencia 4200 Kg/cm², o en su caso materiales de tipo tradicional como tepetate

cementado, grava, ripio de tezontle y loseta de barro, entre otros. La utilización de pavimentos de asfalto, concreto, cerámica, mosaico o barro vidriado quedará condicionada a la autorización de la Dirección.

III. En andadores se recomienda la utilización de guarniciones de materiales pétreos o de concreto, recomendando también el sistema de adopasto con resistencia del 150 Kg/cm², sin necesidad de acero de refuerzo o en su caso se revisarán otros sistemas constructivos en pisos que permitan la permeabilidad y captación de agua al subsuelo, quedando otros materiales condicionados.

IV. El área forestada en parques será del 50% y en deportivos del 20% del total de su Superficie.

V. En parques que requieran construcciones de servicio techados, éstas no deberán representar más del 20% del área total del predio. En el caso de deportivos, dicho porcentaje no deberá de exceder del 30% del área total.

VI. Las plazas podrán ser áreas cubiertas con sistemas permeables como adopasto, empedrados o mixto, recomendando la utilización de forestación con cobertura de un 40% o más del área de la plaza, quedando condicionado a estudio del suelo y subsuelo la utilización concreto y asfalto.

VII. Los pavimentos preferentes a utilizar serán los que permitan la permeabilidad y capacidad de captación de agua en beneficio de recargas a los mantos freáticos, de materiales pétreos, adoquín o empedrado, por lo que la utilización de otros materiales se considerará condicionada a la autorización respectiva.

VIII. En el diseño de patios y jardines, se recomienda que las áreas pavimentadas no excedan el 30% del área total de los mismos, quedando prohibido que las construcciones techadas en patio o jardín requeridas para servicio representen más del 10% y la superficie forestada sea mayor del 20%.

Artículo 10.143. En las Zona I, II y III, el pavimento deberá ser de empedrado, adoquinado, concreto mixto con piedra, concreto estampado y en el resto de las Zonas, se podrá utilizar las especificaciones antes mencionadas, incluyendo carpeta asfáltica con previa autorización.

2.4.6. Manual de vegetación urbana

Para la implementación de Especies arbóreas y arbustivas según su tipo, se consideran las características propias de climas templados, considerando aspectos de las especies como altura, tipo de raíces, en el que, a mediano o largo plazo, se busca evitar problemas que afectan a la infraestructura urbana y ponen en riesgo a la ciudadanía (Manual de vegetación urbana, 1994).

Respecto a las especies arbóreas recomendadas para establecimiento dentro de las ciudades, se propone: Acacia común, Álamo blanco, Alamillo, Arce negundo, Cedro blanco, Ciprés italiano, Ciprés Arizona, Fresno, Jacaranda, Junípero, Liquidámbar, Palmera Phoenix, Picea, Sauce llorón, Tamarix y Trueno. Por otra parte, las especies que no se recomienda utilizar son la Causarina y el Eucalipto.

Por otra parte. También es posible implementar especies arbustivas dentro del diseño urbano, por lo que se recomienda usar: Azalea, Bambú, Camelia, Cotonaster, Evónimo, Laurel, Callistemon, Plúmbago, Retama, Romero, Rosal, Verónica, Viburno y Boj.

Los criterios de arborización especifican que los árboles al interior de espacios públicos representan una zona de transición entre un ambiente arquitectónico y otro paisajístico, generan una estructura parcelaria, crean espacio y escala, además pueden utilizarse como protección de las condiciones atmosféricas.

Criterios de diseño

a) Composiciones lineales horizontales (uso homogéneo de especies). No se recomienda alternar especies por los efectos visuales generados por cada especie, además de tener distintos requerimientos de agua, luz y espacio.
b) Hacer uso de formas escultóricas se considera como incorrecto, porque estas formas se logran a través de pacientes podas sistemáticas que modelan el follaje desde el principio del desarrollo del árbol o arbusto.
c) Iluminación nocturna: se pueden colocar lámparas en algunos casos, en el mismo árbol y hacia su follaje o bien, dirigido hacia el árbol.
d) Enredaderas: un recurso utilizado en algunos casos, es el de propiciar el desarrollo de una enredadera sobre el tronco de un árbol.
e) Uso de protecciones: cumple objetivos funcionales o estéticos, en ambos casos se garantiza el crecimiento y el desarrollo del árbol.
f) Guía de crecimiento: durante el crecimiento y desarrollo del árbol o arbusto, es recomendable colocar un poste (tutor) en el tronco para evitar su deformación.

Normatividad para la arborización urbana

a) Debe existir espacio suficiente entre una planta y otra, su distancia está en función del diámetro de la copa.
b) Debe utilizarse una cepa generosa, que garantice el desarrollo adecuado del árbol (50 cm de profundidad mínima).
c) La superficie del suelo vulnerable de un árbol, coincide con la ocupada por la copa, debiendo estar libre, permitir la filtración y humedad.
d) Proteger el árbol mediante labores de riego y mantenimiento, el agua, la fertilización y la eliminación de hierba son tareas de vital importancia, así como la poda que ayuda al crecimiento y desarrollo.
e) Deberán ser árboles jóvenes para garantizar su sobrevivencia (mínimo 1 metro de altura, lo que en promedio significa 3 años de edad).
f) Uniformidad de formas y características para facilitar cuidados y mantenimiento (tamaño, forma, grosor, etc.).

g) Adaptabilidad a las condiciones ambientales (el contexto urbano encierra condiciones muy variables originadas por la contaminación, espacios reducidos de crecimiento, desarrollo, maltrato, entre otros).

Ubicación de las especies

a) Su ubicación en vialidades considera una distancia mínima de 6 metros, a la esquina que contenga señalización vertical preventiva e informativa, con el objeto de no obstruir la visual del usuario vehicular y peatonal, además se deberán considerar el cableado aéreo y la infraestructura subterránea existente para determinar la altura ideal promedio que deberá ser no más de 5 metros de altura.
b) En las aceras, el ancho de la banqueta, para no tener problemas posteriores, deberá ser en promedio de 1.5 metros de ancho, considerando especies pequeñas de menos de 5 metros de altura.
c) Los proyectos nuevos deberán respetar y conservar las condiciones naturales del espacio por construir, sujetándose a la disponibilidad del espacio libre.
d) En vialidades con camellón, deberán plantarse los árboles de tal forma que no exista interferencia visual de conductores en ambos sentidos, particularmente en aquellas donde no existan semáforos.

Topografía

En vialidades donde sus condiciones topográficas se encuentren a diferente nivel, se plantarán especies donde exista la mayor superficie del suelo nivelado, especialmente aquellas que tengan raíces profundas y alturas no mayores a 12 metros. En terrenos con pendientes pronunciadas destinados a áreas verdes, deberán ser terraceados con excavaciones y rellenos.

Poda

Los siguientes criterios se encuentran planteados en el Reglamento general de mejoramiento ambiental del municipio de Toluca. (H. Ayuntamiento de Toluca, 1995).

a) Efectuar la poda de raíz y aérea en aquellos árboles cuyo desarrollo afecte banquetas, guarniciones, redes de infraestructura y construcciones.
b) Bajo ninguna circunstancia deberán descortezarse árboles y arbustos.
c) El retiro de árboles y arbustos, considera extraer las especies con todo y raíz del lugar donde se encuentran, requiriendo autorización expresa de la instancia correspondiente para llevar a cabo la acción es áreas o espacios públicos.
d) Podrían retirarse del lugar donde se encuentran aquellas especies muertas o que se encuentren en pie o en peligro de caerse.
e) Tomar las medidas que se consideren pertinentes en el caso de que se presenten plagas y/o enfermedades que constituyan una fuente de propagación.
f) Previa autorización, se podrán retirar aquellas especies que por su crecimiento y desarrollo constituyan un riesgo, o bien, que obstruyan el libre paso de peatones y vehículos en áreas o espacios públicos.
g) En función de acciones inminentes de obra pública y alineamiento, se procederá a la reubicación de árboles, garantizando de ser posible, que éste se mantenga vivo.
h) Si el crecimiento excesivo de ramas y raíces de árboles se extienden sobre propiedades aledañas ajenas al propietario del árbol, el afectado, previa autorización, podrá ejecutar acciones de poda.

Bajo estos criterios establecidos por fuentes oficiales, que se apegan a las características biofísicas del entorno, para cumplir los objetivos previamente establecidos de la manera más favorable posible. Cabe resaltar que, para evaluar la eficiencia de las especies arbóreas, es necesario un análisis a nivel local.

Conclusiones

El marco legal es un apartado relevante, ya que establece los ejes rectores, las leyes, normas, reglamentos, acuerdos, etcétera, que se han establecido para implementar diversas estrategias o líneas de acción para cumplir con diversos estatutos que satisfacen los derechos y necesidades de la población, señalando las entidades encargadas de hacer cumplir los lineamientos establecidos, además de involucrar a la ciudadanía en la ejecución de dichas acciones.

En este capítulo se retomaron las normatividades relacionadas con la sustentabilidad, el desarrollo urbano y los asentamientos humanos, ya que son las entidades principales que aborda la presente investigación, retomando los actores que se ven involucrados dentro de la ciudad, ya que es un sistema sumamente complejo.

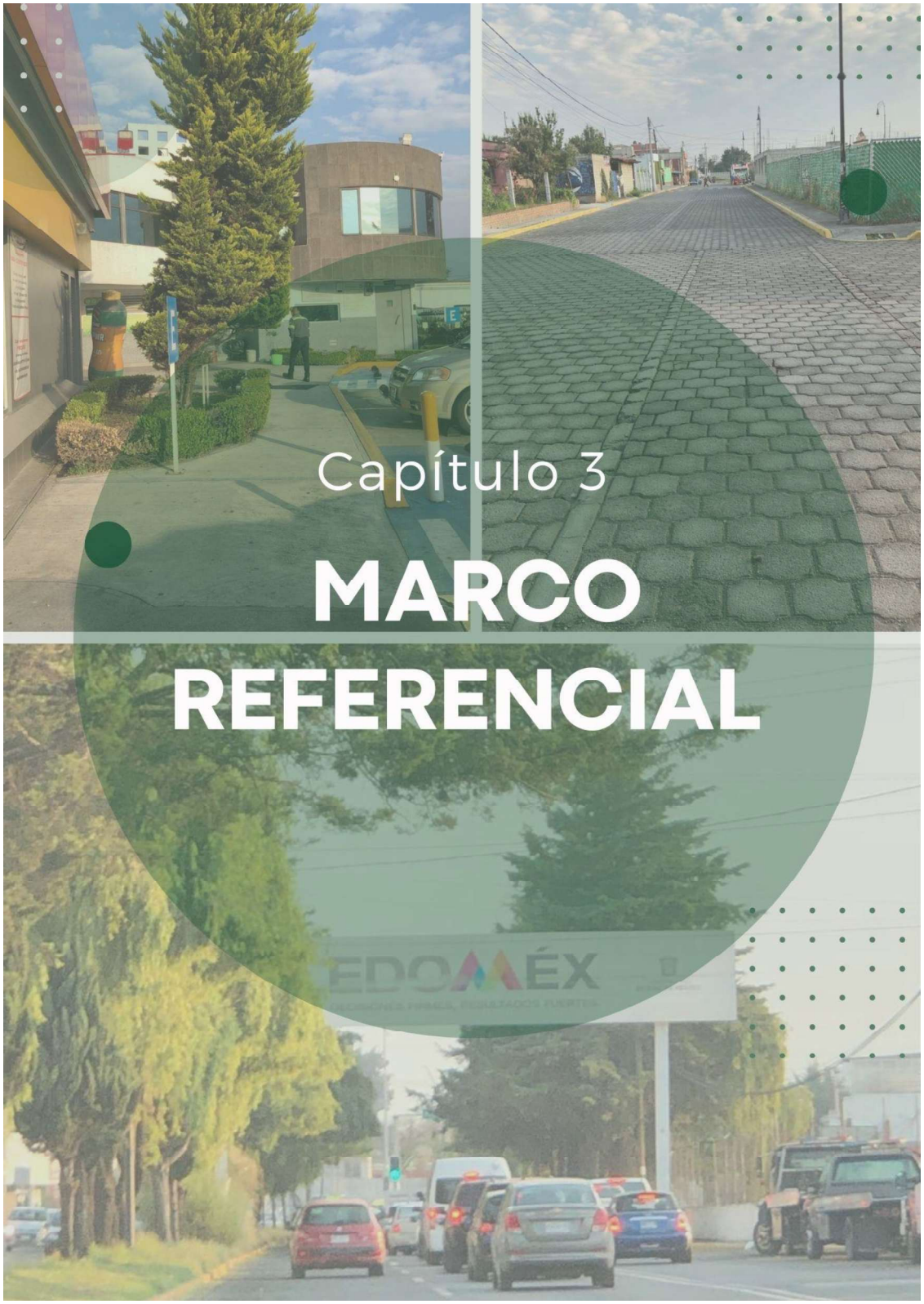
En el aspecto internacional, se explica el origen de la sustentabilidad, las alianzas, cumbres, estrategias, convenciones celebradas y convenios autorizados donde se acepta que se enfrenta una crisis ambiental que se exacerba con el paso del tiempo y es de vital importancia comenzar a actuar, siendo los líderes internacionales quienes establecen los objetivos a los que se comprometen a cumplir, de esta manera garantizar la calidad de vida de los habitantes, así como buscar estrategias que permitan mitigar los efectos del cambio climático.

Por otra parte, la legislación nivel nacional se apega a los acuerdos establecidos a nivel internacional, de carácter general, a través de leyes, reglamentos, Normas Oficiales Mexicanas y Normas Mexicanas se establecen los estatutos que deben cumplir las entidades, mismos que tienen un enfoque con la salud y bienestar de la población. Estos documentos oficiales, establecen las disposiciones generales para implementar una serie de acciones que serán aplicadas a los mexicanos.

En una perspectiva más especializada, se encuentra la legislación estatal y municipal, donde ya se plasman las características específicas del territorio mexiquense, a través del diseño y aplicación de leyes, libros, reglamentos, planes, programas, códigos,

manuales y bandos, donde se plasman las características sociodemográficas y biofísicas del entorno, a partir de ello se establecen, aplican o ejecutan las acciones diseñadas a un área urbana determinada.

En este apartado se describen los lineamientos aplicados en el municipio de Metepec respecto a la imagen urbana, instrumento de gran utilidad para usarse para diseño de estrategias que permitan mitigar los efectos de contaminación ambiental, entre ellos los factores que favorecen a la isla de calor, consecuencia del crecimiento urbano que experimenta la región.



Capítulo 3. Marco referencial

El marco referencial explica los casos de éxito que se han presentado a nivel internacional y nacional respecto a las acciones implementadas con la finalidad de mitigar los efectos adversos de las islas de calor urbano. Comprender las estrategias que se han llevado a cabo, así como la metodología, permite comprender y analizar acciones que se pueden implementar en otras zonas adecuándose a sus características, así como sus necesidades particulares.

El objetivo del presente capítulo, consiste en desarrollar un marco referencial específico para la identificación y abordaje de las islas de calor, además de las estrategias previamente implementadas para mitigar los efectos de sobrecalentamiento en determinados puntos de la ciudad, de esta forma, tomar como referencia los casos de estudio exitosos preliminares a nivel internacional y nacional, para hacer un contraste con el municipio de Metepec adaptándose a sus necesidades.

Durante los últimos años, las ciudades se han dado a la tarea de realizar estudios especializados para determinar las problemáticas ambientales que impactan su entorno, a partir de ello se empiezan a diseñar estrategias que atiendan las urgencias que enfrentan en su entorno cotidiano, en la presente investigación, el estudio de las islas de calor urbano es el punto focal, al tratarse de un fenómeno que se exacerba en determinadas temporadas del año.

Los corredores de ventilación urbana son una estrategia llevada a cabo en ciudades asiáticas, estos utilizan las condiciones territoriales, la morfología urbana y los componentes del entorno (edificios, áreas verdes, cuerpos de agua, etc.), para disipar contaminantes presentes en la atmosfera, por lo tanto, estos casos muestran que, dentro del problema, se encuentra la solución, por ello se evalúan diversos elementos de la ciudad que han sido utilizados para enfriar el entorno: techos fríos, espacios azules y verdes.

3.1. Caso internacional

3.1.1. Corredores de ventilación urbana

Las modificaciones tradicionales en la estructura urbana, aunado con la contaminación antropogénica han alterado significativamente el clima en las áreas urbanas, por ejemplo, el fenómeno de isla de calor urbano (UHI) donde se sufren temperaturas más cálidas en determinados puntos, comparándose con zonas rurales o suburbanas vecinas (Oke, 1982; He, et al., 2019).

El rápido desarrollo de las ciudades, ha generado serios problemas urbanos, como la contaminación del aire, las islas de calor urbano, la mala ventilación, etc. (Liu, et al., 2022). Investigaciones previas han demostrado que el entorno eólico urbano está relacionado con la forma urbana, por ende, mejorar la ventilación urbana puede aliviar el efecto de isla de calor en las ciudades y reducir la demanda de energía urbana (Yang, et al., 2021).

Debido a la expansión de la ciudad y la distribución desequilibrada de los edificios, el efecto isla de calor urbano, la contaminación del aire y el aumento del consumo energético, son factores limitantes que afectan el desarrollo saludable de las ciudades (Zhang & Zhai, 2017). La ventilación urbana óptima puede mejorar la capacidad del flujo de aire y reducir el consumo de energía dentro de los edificios en verano, situación que brindaría un gran apoyo para aliviar el efecto isla de calor urbano (Hong & Lin, 2015).

Los corredores de ventilación pueden mejorar las condiciones de ventilación interna de una ciudad, por lo que tienen la capacidad de aliviar efectivamente los problemas urbanos (Liu, et al., 2022). Son una técnica para mitigar los problemas climáticos locales, evaluar sus beneficios se ha convertido gradualmente en el estándar para su construcción en las ciudades (Yunhao, et al., 2021).

Los corredores de ventilación urbana, se pueden determinar a través del método de simulación numérica RBLM, que tiene en cuenta la influencia de las características de la superficie urbana subyacente (Liu, et al., 2019; He, et al., 2007), considerando factores

antropogénicos en la estructura descrita a detalle, aunque solo es adecuado para estudios meteorológicos a escala urbana y regional.

En la planeación integral de corredores de ventilación a escala urbana, se combina la tecnología en materia de Sistemas de Información Geográfica (GIS), sensores remotos (RS) y meteorología, insumos necesarios para estudiar el entorno eólico urbano a través de nuevas metodologías propuestas (Zhang, et al., 2019). El método basado en GIS identifica áreas con alto potencial de ventilación a través de la superficie subyacente, analizando la longitud de la rugosidad para captar la distribución de los corredores de ventilación (Liu, et al., 2022).

Realmente, la planeación urbana no considera la eficiencia de la ventilación urbana, lo que significa que el flujo de aire no garantiza eficacia para mitigar problemas climáticos como el efecto isla de calor (Cariolet, et al, 2018; Yuan, et al., 2014). Cabe destacar, que la morfología urbana se ha analizado para explicar el cambio climático en las urbes, al ser un factor directamente relacionado con la ventilación urbana (Edussuriya, et al., 2014), por lo que, para calcular la eficiencia en ventilación a escala urbana, es difícil, particularmente en lugares densamente urbanizados, con estructuras de edificios complejas.

3.1.2. Planeación del corredor de ventilación

De acuerdo con el estudio del funcionamiento de la circulación local urbana, las características del sistema de ventilación urbana se muestran en la Tabla 42 (Liu & Shen, 2010; Weng, et al., 2015).

Tabla 42 Características de los corredores de ventilación urbana

Características de los corredores de ventilación urbana		
Espacio de acción	**Espacio de compensación**	**Ruta de ventilación**
Wirkungsraum	Ausgleichsraum	Luftleitbahn
Áreas de contaminación térmica o atmosférica.	Espacio de compensación por ecología climática, intercambia aire con su espacio adyacente para generar circulación de aire regional. Se mejora la ventilación natural urbana, aliviando problemas como el efecto isla de calor u otro tipo de contaminación.	Conecta el espacio de acción y el espacio de compensación, con una rugosidad de la superficie del terreno relativamente baja y menor resistencia al flujo de aire.

Fuente: Elaboración propia basada en Liu & Shen (2010); Weng, et al. (2015).

Al analizar el proceso dinámico del viento, el flujo de aire se desvía con facilidad cuando encuentra obstáculos (los edificios son los más comunes) que bloquean el movimiento del viento en las ciudades (Bao-Jie, et al., 2019; Chen, et al., 2009). Esto quiere decir que la distribución de edificios junto con la morfología urbana, afecta directamente la eficiencia de ventilación en las ciudades.

El corredor de ventilación permite que el flujo de aire penetre el interior de la urbanización, elementos como las fachadas verdes, el agua y los caminos pueden incrementar la intensidad de enfriamiento (Lan, et. al., 2021; Chi, et al., 2021) lo que demuestra la importancia incorporar plantas, agua y red vial adecuada, ya que estos elementos determinarán la rugosidad de la superficie, de esta forma expandir el potencial de enfriamiento en dichas áreas.

Entonces, la dinámica del viento urbano se verá reflejada a través de la diferencia térmica de superficie, la cual demuestra la eficiencia de la ventilación brindada por los corredores de viento urbano (Dang, et al., 2017; Yang, et al., 2015). Para ello, se utiliza como insumo las imágenes satelitales de Lansat 8, haciendo uso del sensor de infrarrojo térmico TIRS (sensor de infrarrojo térmico), que tiene dos longitudes de onda de infrarrojo térmico, representando mayores ventajas en la inversión de LST, en comparación con productos utilizados previamente para realizar procedimientos de detección remota por satélite de la misma serie (Zhang & Zhang, 2019; Song, et. al., 2019).

3.1.2.1. Metodología para la planeación del corredor de ventilación urbana

Se utilizó la imagen de teledetección Landsat8OLI_TIRS con resolución espacial de 30 m, en las fechas correspondientes a: 7 de mayo de 2017, 10 de julio de 2017, 30 de octubre de 2017 y 17 de diciembre de 2017, con nubosidad de 1,52, 2,21, 0,57 y 2,22. También se tomaron en cuenta datos de densidad de construcción provenientes de los datos de uso de suelo, red vial, sistema de agua, datos de la dirección y velocidad de viento por hora (Liu, et al., 2022).

Caracterización

De acuerdo con los criterios previamente establecidos, se presenta la caracterización Kaifeng: Al Norte, limita con el río Amarillo y la llanura de China, incluidos cinco distritos (ciudad de Kaifeng, Lankao, Qixian, Tongxu y Weishi). El terreno de Kaifeng es plano y la altitud promedio es de 70 m, sin terreno ondulado como montañas y colinas. El área total de la ciudad es 6.4×103 km^2, la población permanente es de 4,8×102 diez mil.

Kaifeng se encuentra en la cuenca del río Amarillo, tiene una fuente natural de flujo de aire frío. Sin embargo, la principal actividad económica es el turismo, tiene gran flujo de población, lo que favorece la contaminación del aire, formando un efecto de isla de calor urbano. Actualmente, la ciudad de Kaifeng no tiene un sistema completo de planeación de corredores de ventilación (Liu, et al., 2022).

Método para determinar la inversión de la temperatura de la superficie terrestre a partir de imágenes Landsat 8.

Para calcular la temperatura de la superficie, el algoritmo de ventana única es un método eficiente para recuperar la temperatura de la superficie, el insumo utilizado se obtuvo a través del uso de productos digitales satelitales Landsat 8 OLI_TIRS.

a) Cálculo de la temperatura de brillo
b) Cálculo de la emisividad específica
c) Cálculo de la LST

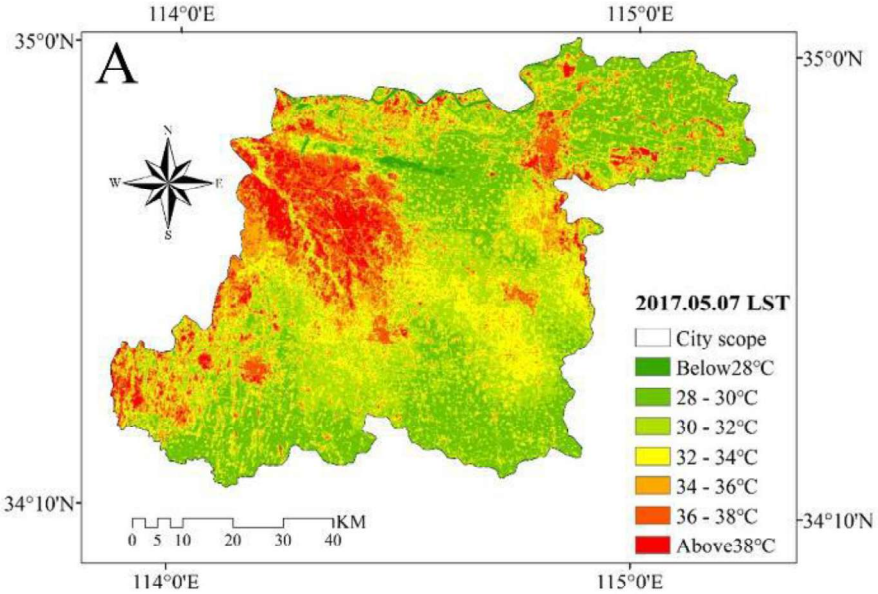
Construcción de un modelo de evaluación integral del potencial de ventilación: la densidad de construcción, cobertura vegetal, longitud de los cuerpos de agua y longitud de las vialidades (factores influyentes para evaluar el potencial de ventilación).

3.1.2.2. Resultados de la planeación del corredor de ventilación urbana

Temperatura de la superficie

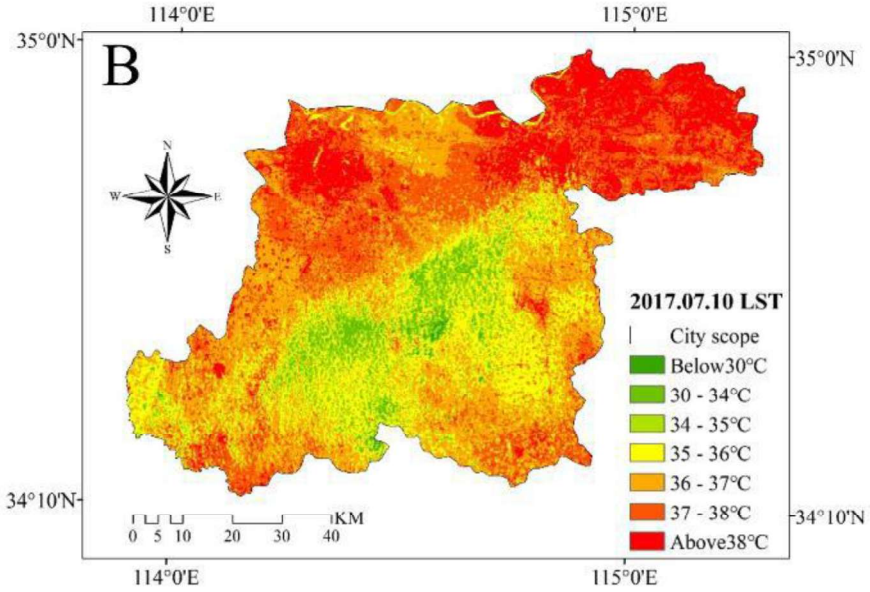
En Kaifeng no hay suficientes estaciones meteorológicas que proporcionen observaciones terrestres de alta resolución, por lo que se utilizaron insumos obtenidos de Landsat 8 para recuperar la temperatura de la superficie. La distribución espacial de LST varió considerablemente, lo que puede estar relacionado con la cobertura vegetal o el área de suelo desnudo en determinados lugares; cabe resaltar que la LST en el área urbana principal siempre ha sido relativamente alto. El resultado de la inversión de la temperatura superficial en Kaifeng se muestra en las imágenes 17, 18, 19 y 20.

Figura 17 Distribución LST 07-05-2017



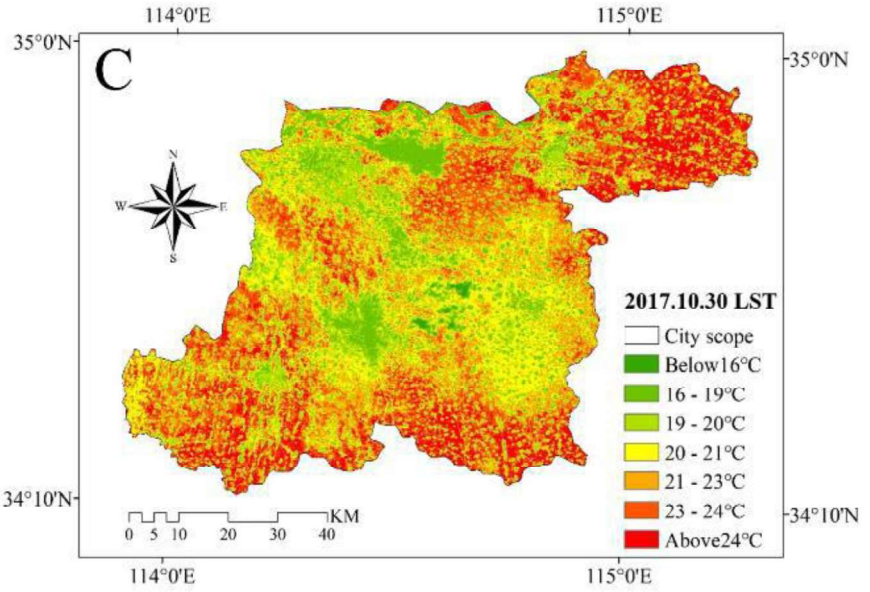
Fuente: Liu, et al., 2022, p. 6.

Figura 18 Distribución LST 10-07-2017



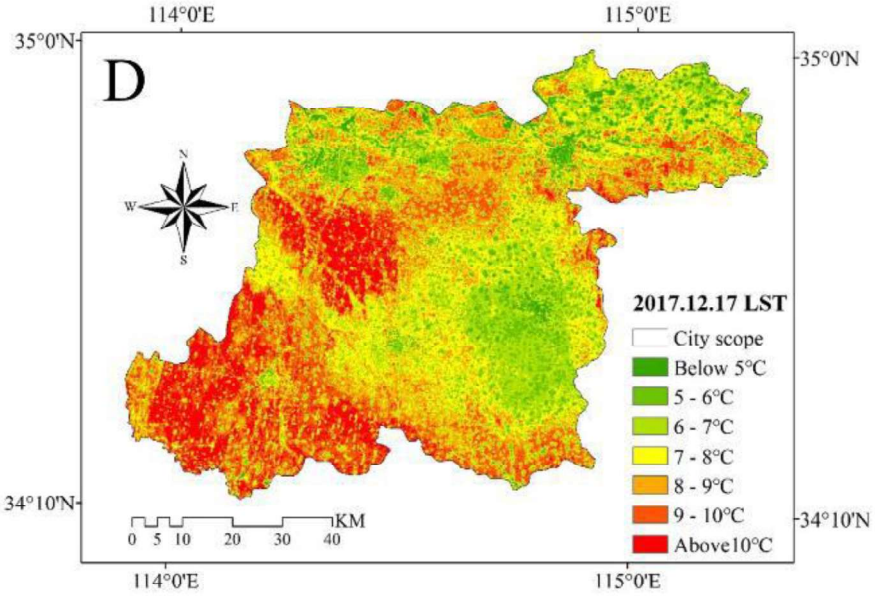
Fuente: Liu, et al., 2022, p. 6.

Figura 19 Distribución LST 30-10-2017



Fuente: Liu, et al., 2022, p. 6.

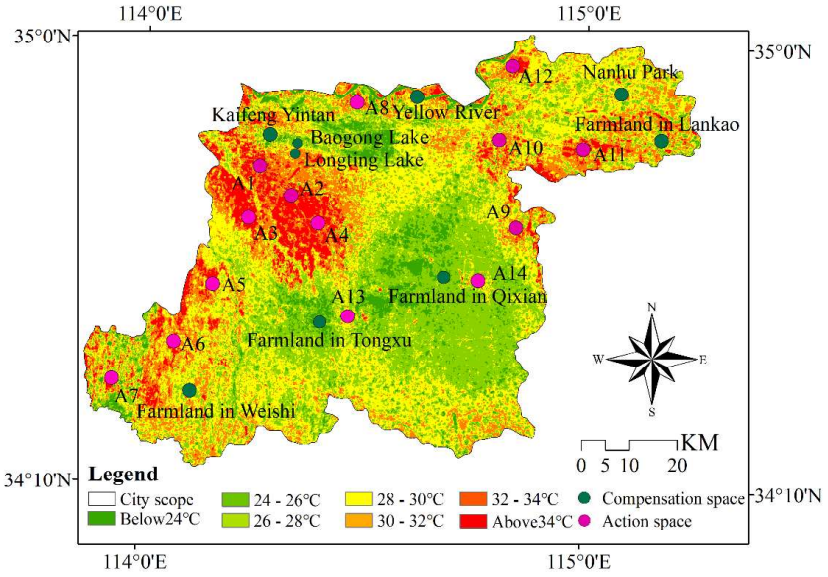
Figura 20 Distribución LST 17-12-2017



Fuente: Liu, et al., 2022, p. 6.

De acuerdo con la distribución de temperatura en la superficie, da pauta para determinar el espacio de acción (A1–A14) y el espacio de compensación (Kaifeng Yintan, lago Baogong, lago Longting, parque Nanhu y espacios verdes de tierras de cultivo circundantes) dentro de la ciudad (ver Figura 21).

Figura 21 Determinación del espacio de acción y compensación en Kaifeng

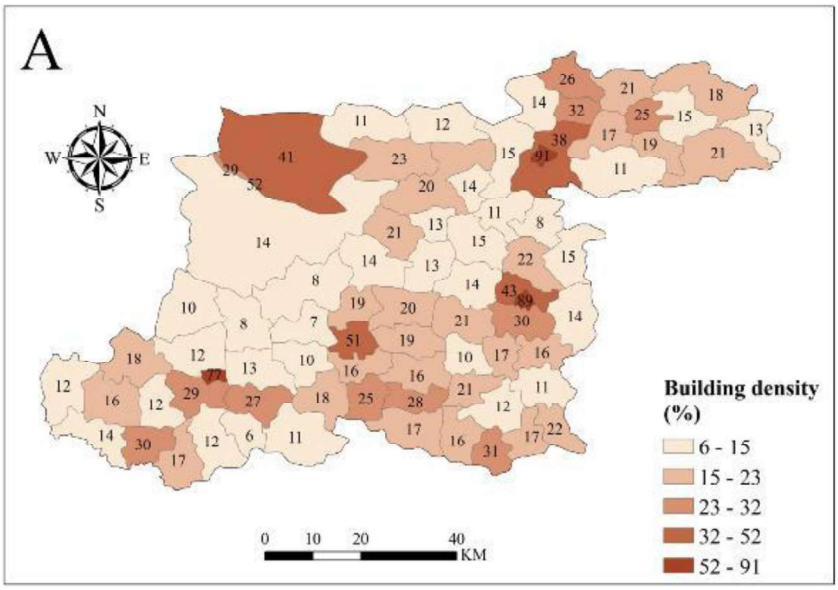


Fuente: Liu, et al., 2022, p. 8.

Análisis potencial de la ventilación de la ciudad

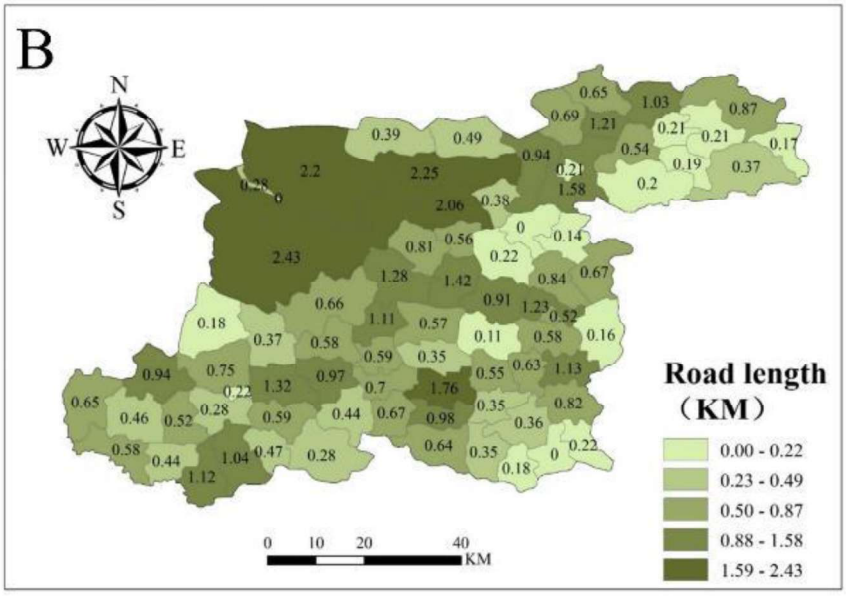
De acuerdo con los resultados obtenidos, la densidad de construcción (ver Figura 22), longitud de la carretera (ver Figura 23), longitud de los cuerpos de agua (ver Figura 24), presentes en el área urbana principal de Kaifeng son relativamente grandes, mientras que la cobertura vegetal (ver Figura 25) en la ciudad es baja en comparación de la mancha verde presente en los suburbios (Liu, et al., 2022). Las áreas con alta densidad de edificios, presentan una temperatura del suelo alta, lo que muestra que los factores influyentes en la superficie subyacente en diferentes regiones serán variados.

Figura 22 Densidad de construcción de Kaifeng



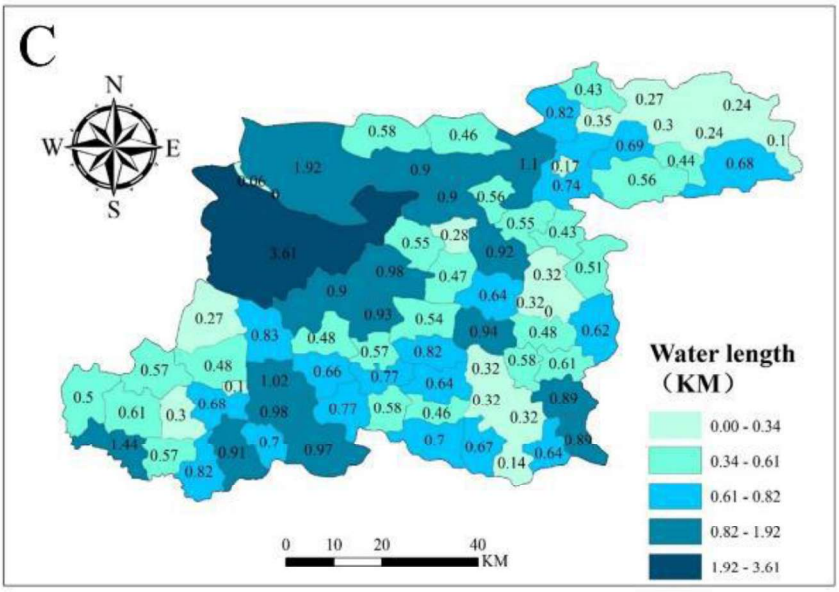
Fuente: Liu, et al., 2022, p. 8.

Figura 23 Longitud de carreteras de Kaifeng



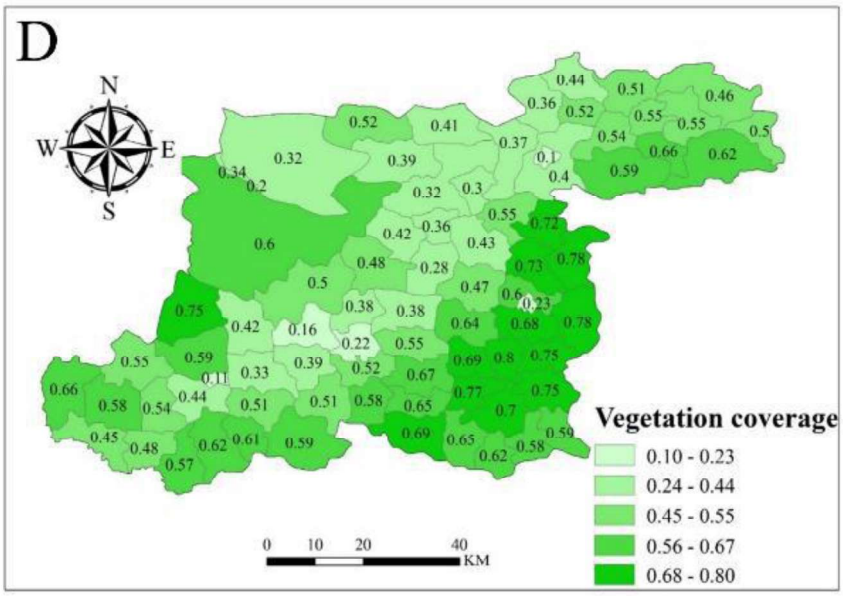
Fuente: Liu, et al., 2022, p. 8.

Figura 24 Longitud de los cuerpos de agua de Kaifeng



Fuente: Liu, et al., 2022, p. 8.

Figura 25 Cobertura vegetal de Kaifeng



Fuente: Liu, et al., 2022, p. 8.

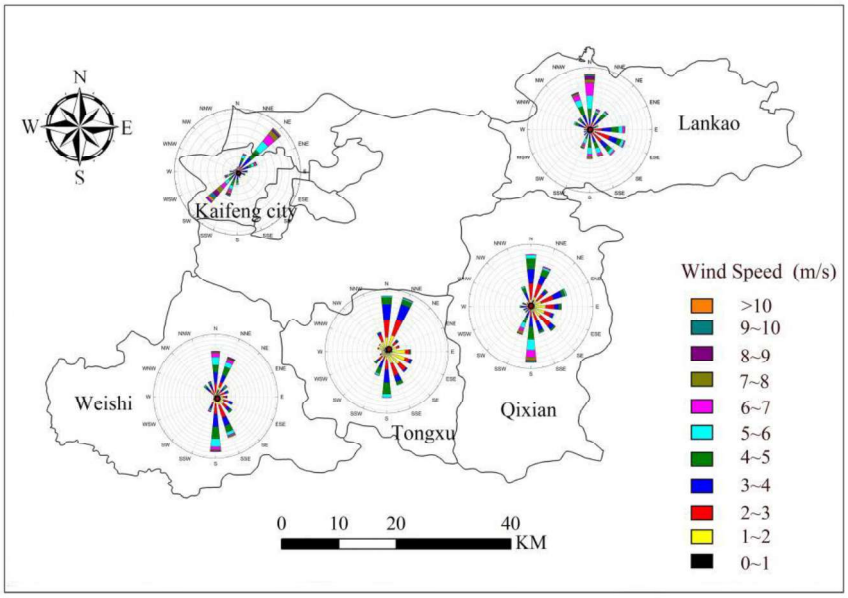
De acuerdo con el análisis de las imágenes satelitales, en la parte sur de Kaifeng se encuentran los suburbios y tierras de cultivo, por la tanto, agua y vegetación son elementos abundantes, absorbiendo eficazmente el calor generado por la radiación solar, proporcionando un efecto refrescante.

Se infiere que, para reducir la temperatura superficial de la ciudad, se debe tomar en cuenta la red vial, vegetación, ya que, al diseñar los conductos de aire urbano, se busca alcanzar el objetivo de mejorar el micro clima urbano, para ello se debe hacer uso del forzamiento térmico y dinámico de la superficie subyacente.

Hay cinco estaciones meteorológicas nacionales en Kaifeng: la ciudad de Kaifeng, Lankao, Qixian, Tongxu y Weishi. Mediante el uso de datos meteorológicos horarios de estas cinco estaciones meteorológicas en verano (junio, julio y agosto) e invierno (diciembre, enero y febrero) de 2017, se obtuvo el gráfico de la rosa de los vientos de cada estación meteorológica en invierno y verano, se calculó la dirección del viento de máxima y la dirección dominante del viento. Los resultados muestran que la “dirección máxima del viento” de cada estación meteorológica en Kaifeng es:

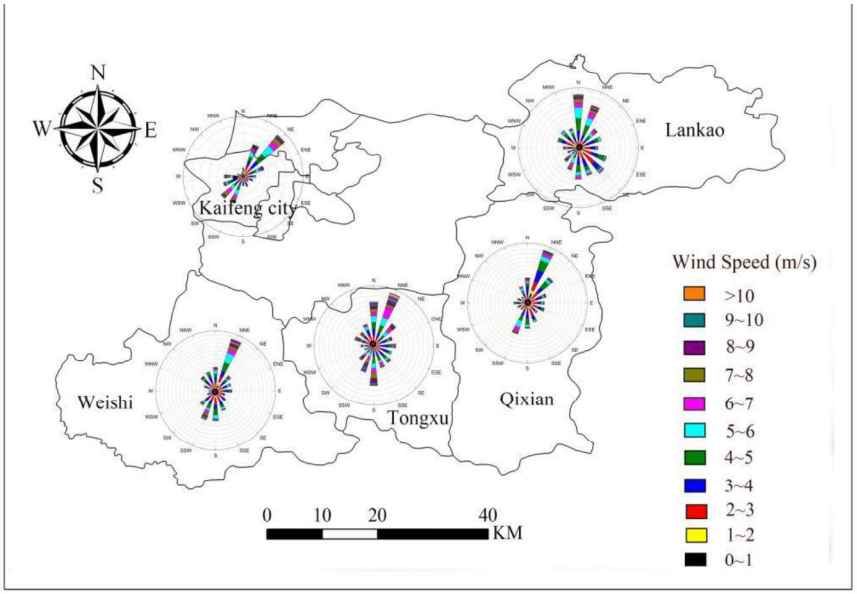
a) “N, S, NE” en verano (ver Figura 26)
b) “NNE, N, NE” en invierno (ver Figura 27).

Figura 26 Viento en verano de Kaifeng (junio, julio y agosto)



Fuente: Liu, et al., 2022, p. 10

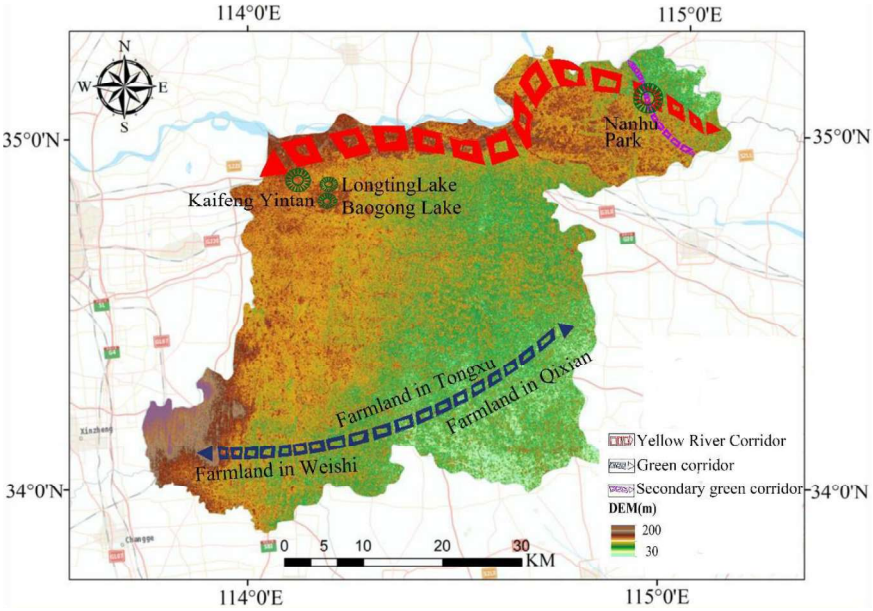
Figura 27 Dirección dominante del viento en invierno (diciembre, enero y febrero)



Fuente: Liu, et al., 2022, p. 10.

Planeación del corredor de ventilación ecológica

Figura 28 Área de origen de los corredores de ventilación ecológica en Kaifeng.



Fuente: Liu, et al., 2022, p. 11.

Además de los ríos, las redes viales y la vegetación, el amplio espacio verde de tierras de cultivo es otra fuente ideal para los corredores de ventilación ecológica, ya que pueden descargar el aire del interior de la ciudad hacia el exterior de la misma, modificando el microclima dentro de la ciudad.

Se identificaron tres corredores de ventilación ecológica principales (ver Figura 28):

a) El corredor de ventilación ecológica del río Amarillo
b) El corredor de ventilación ecológica del Parque Río Amarillo-Nanhu
c) El corredor de ventilación ecológica de las tierras de cultivo de Qixian, Tongxu y Weishi

El corredor de ventilación en el oeste de la ciudad de Kaifeng se puede construir sobre la superficie de un lago, con un ancho de 1,0 km aproximadamente. A ambos lados del recorrido de este corredor de ventilación existen edificios altos con una altura superior a los 50 m. A partir de esto, se puede juzgar que, bajo la acción de la dirección dominante

del viento, edificios tan altos podrían producir un "efecto de tubo estrecho", que podría acelerar el flujo de aire (Bao-Jie, et al., 2019).

El corredor de ventilación en el lado este de Kaifeng, la superficie subyacente todavía está dominada por lagos y parques. Además, en el lado oeste de este corredor, hay muchos edificios de más de 50 m de altura, por otra parte, en el lado este hay edificios de menos de 30 m de altura.

En el extremo sur de estos dos corredores de ventilación, los edificios altos se están cerrando gradualmente. Dado que la dirección predominante del viento en el área urbana de la ciudad de Kaifeng es del norte, este tipo de efecto de bloqueo en la sección sur reduce la velocidad del aire a baja temperatura proveniente del norte, lo que reduce el efecto de la ventilación.

En conclusión, varias ciudades chinas han propuesto diversos planes urbanos, estrategias y planes de gestión en respuesta a la grave contaminación intraurbana, entre ellos destaca el diseño de este tipo de corredores de ventilación, sin embargo, su análisis recién se realiza a una sola escala (áreas urbanas, bloques, edificios), por lo tanto, carece de una consideración integral multisecular para evaluar su eficiencia.

3.1.3. Evaluación del desempeño del corredor de ventilación urbana

Esta técnica se aplicó en la ciudad de Hefei. Primero, se realizó la caracterización de la ciudad: Hefei se ubica en el este de China, zona de latitud media. El terreno está compuesto por llanuras, colinas y montañas. Pertenece al clima subtropical húmedo, con cuatro estaciones distintivas, temperatura media anual de 15,7° C. La precipitación media anual es de 1000 mm, y la humedad relativa media del 77%. A fines de 2018, Hefei tenía una población residente de 8.087 millones.

Por su parte, las tierras de cultivo del núcleo urbano principal son el paisaje dominante en esta zona, con un 63.82%, los cuerpos de agua representan el 6.03%, la vegetación el 2.68%. Además, el área de construcción alcanzó los 460 km^2, representando el

27,47%. Debido al aumento de neblina e infraestructura, la contaminación por partículas $PM_{2.5}$ aumentó significativamente, y el efecto de isla de calor urbano se exacerbó anualmente (Yunhao, et al, 2021).

Análisis en la ruta de menor costo (LCP- least cost path)

Para realizar la determinación de la rugosidad de la superficie terrestre (Z_0), que se refiere a la superficie del suelo urbano, se conforma principalmente por edificios, tomando como referencia su densidad y altura (Bottema, 1997).

Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) e Índice de Agua de Diferencia Normalizada Modificado (M-NDWI).

Forman un ciberespacio azul-verde para aliviar de manera efectiva el efecto de isla de calor urbano. El NDVI podría reflejar con precisión la distribución espacial y los detalles de crecimiento de la vegetación (Zheng et al., 2018; Formica et al., 2017). Así mismo, el M-NDWI se desempeñó mejor en aguas exigentes que NDWI, ya que podía reflejar mejor las características y rangos de las aguas (Ghosh et al., 2015).

Valoración bajo diferentes umbrales de corredores de ventilación

Tres variables originales Z_0, NDVI y M-NDWI se definieron del 1 al 10 utilizando la herramienta de reclasificación de ArcGIS. Cabe señalar que cuanto mayor sea el valor de Z_0, mayor será el costo, mientras que NDVI y M-NDWI representan lo contrario: cuanto mayor sea el valor del índice, menor será el costo (Yunhao, et al., 2021).

La construcción del corredor de ventilación por LCP

La planeación del corredor de ventilación se diseñó a través de un camino con menor resistencia al viento, para garantizar los beneficios integrales de las áreas con vegetación y las aguas, de igual forma evaluar la posibilidad de implementar esta estrategia dentro de la ciudad.

Confirmación de la eficiencia de la ventilación

Cuanto menor sea la temperatura del aire, mayor será la tasa de ventilación en condiciones normales (Marzena et al., 2017). Puede haber excepciones, por ejemplo, la penetración del viento caliente (derivado del área desértica interior), con alta eficiencia de ventilación, tiene como resultado la mejora de la superficie terrestre (He, 2018). El efecto de enfriamiento depende si la fuente de viento es fría o no, es importante asegurar el enfriamiento de la fuente del viento, fijándose en la montaña o en aguas de Hefei.

El rango de medición suele ser complicado de cubrir, por lo que se utilizó la inversión de la temperatura terrestre de la superficie urbana (LST) de la banda térmica Landsat TM para validar la eficiencia de la ventilación (Yunhao, et al., 2021). Posteriormente, se calculó la intensidad de la isla de calor utilizando el algoritmo del índice de intensidad UHI (UHII), y la fórmula del índice de escala UHI (ver Fórmula 1).

Fórmula 1 intensidad de la isla de calor

$UHII_i = T_i - \frac{1}{n}\sum_{1}^{n} T_{crop}$	**$UHII_i$** es la intensidad de la isla de calor correspondiente a la i (el píxel de la imagen). **T_i** es la temperatura superficial **n** es el número de píxeles efectivos en las tierras de cultivo suburbanas **T_{crop}** es la temperatura superficial en las tierras agrícolas suburbanas, lo que significa la temperatura superficial promedio de todas las tierras agrícolas y forestales circundantes.

Fuente: Yunhao, et al. (2021)

3.1.3.1. Resultados de la evaluación de desempeño del corredor de ventilación urbana

Análisis de la rugosidad de la superficie terrestre

Se determinó la rugosidad en el área de Binhu en el sur; una pequeña cantidad del área de Zhengwu tenían rugosidad de la superficie terrestre relativamente alta (Yunhao, et al., 2021).

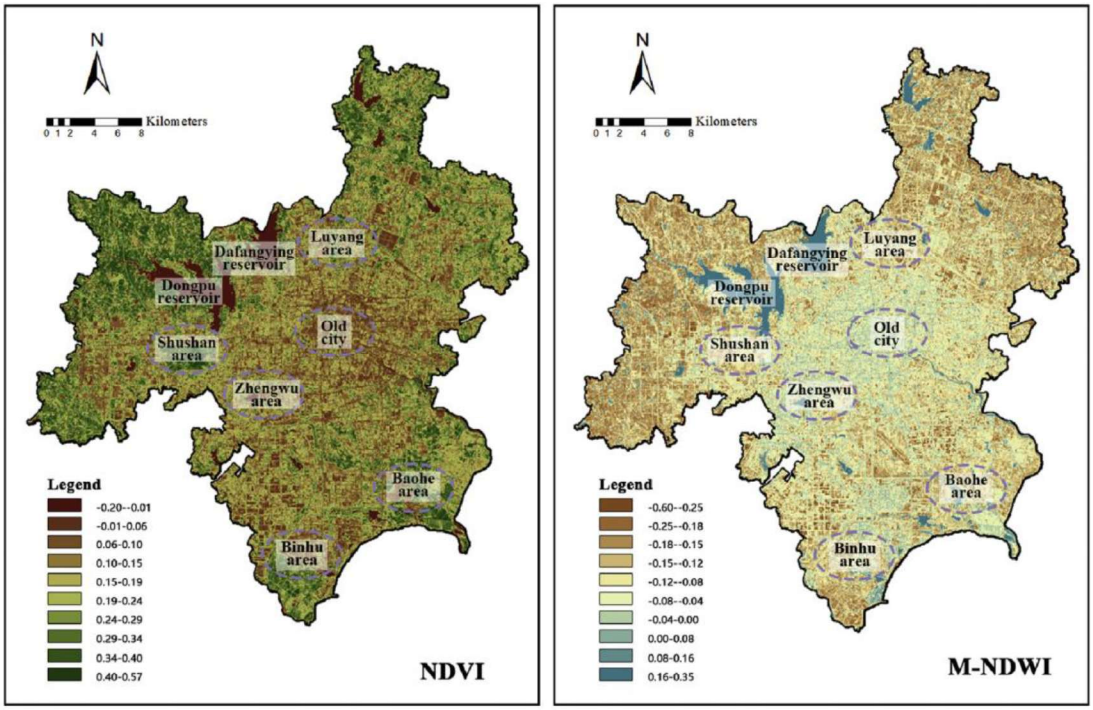
Análisis del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) y el índice de agua de diferencia normalizada modificado (M-NDWI

Las áreas con un índice relativamente alto se distribuyeron en los alrededores del embalse de Dongpu y el embalse de Dafangying en el noroeste del área urbana principal, así como en las áreas de Baohe y Binhu en el sur, principalmente en el rango de 0,40 a 0,57 (Yunhao, et al., 2021).

Construcción de corredores de ventilación por LCP

Los puntos de partida deben fijarse en las fuentes de frío urbano o en barlovento del viento dominante durante todo el año (ver Figura 29). Por otro lado, los puntos de destino, deben configurarse a sotavento del viento predominante en el caso de fuentes de calor densas en la ciudad (Yunhao, et al., 2021).

Figura 29 Distribución espacial de NDVI y M-NDWI



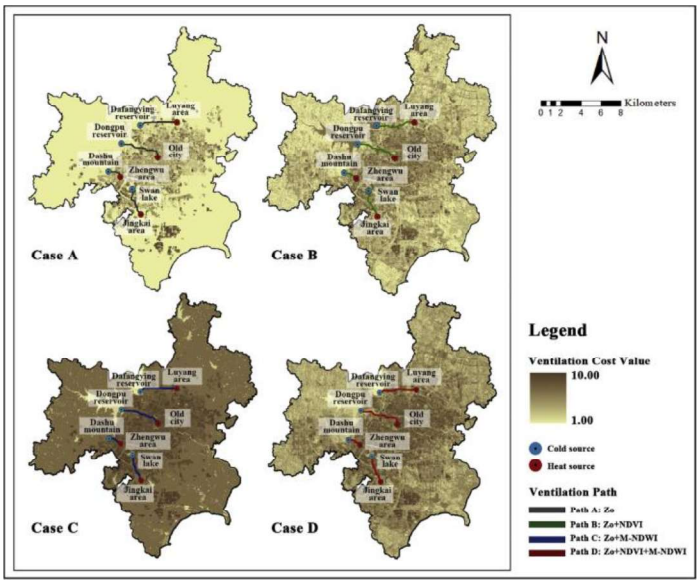
Fuente: Yunhao, et al., 2021, p. 10.

Los resultados mostraron que los flujos generales de los cuatro corredores eran casi los mismos, y no hubo resistencia en el camino del viento del norte o del noroeste. El aire fresco podría fluir desde el espacio de compensación a través de corredores de ventilación hacia el espacio efectivo. Diferentes corredores de ventilación generaron diferentes tipos de trayectorias en la superficie terrestre a nivel regional entre cuatro áreas:

a) Corredor de ventilación A: pasa por caminos troncales, secundarios y plazas, consta de caminos de cemento y asfalto, así como una superficie de tierra subyacente relativamente abierta como vegetación.
b) Corredor de ventilación B: pasa por terrenos verdes urbanos, como áreas forestales protegidas, parques, terrenos no permeables, carreteras y edificios de poca altura.
c) Corredor de ventilación C: pasa por aguas urbanas como fosos, lagos de cisnes, embalses, áreas con baja intensidad de desarrollo.
d) Corredor de ventilación D: fluye a través de ambientes naturales urbanos como áreas con vegetación, aguas y ambientes artificiales como edificios.

La mayoría de los estudios utilizan la morfología urbana como referencia para determinar los corredores de ventilación sin ser exhaustivos (ver Figura 30).

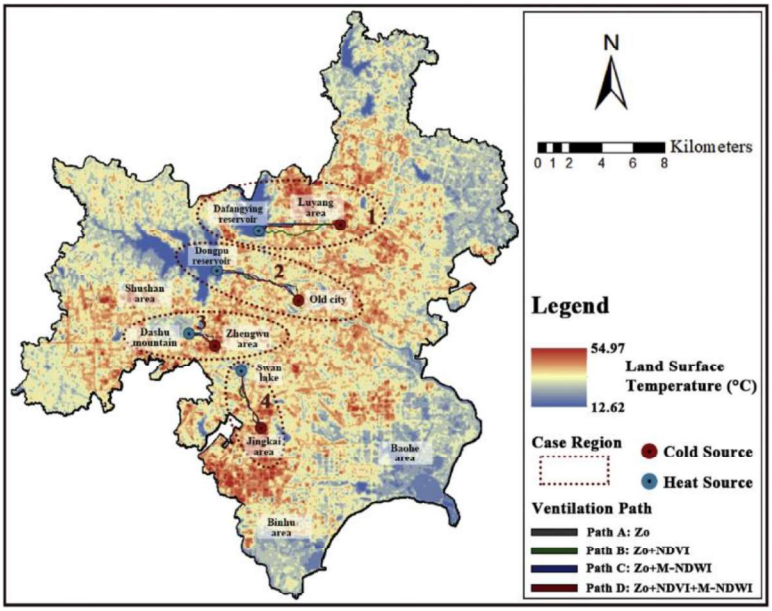
Figura 30 Distribución de pasillos de ventilación por LCP



Fuente: Yunhao, et al., 2021, p. 10.

Las aguas reducen la temperatura de los corredores de ventilación mediante la disipación de calor por evaporación (ver imagen 31), tiende a formar un efecto significativo de radiación fría en el entorno, mientras que las áreas con vegetación influyen en la temperatura por intercambio con el aire circundante, incluyendo la fotosíntesis y la transpiración (Jan et al., 2013). La combinación de áreas con vegetación y aguas puede compensar el área de enfriamiento de la superficie terrestre subyacente de la ciudad en el espacio, así como traer aire relativamente refrescante a la superficie de la ciudad.

Figura 31 Distribución de la intensidad del efecto isla de calor



Fuente: Yunhao, et al., 2021, p. 13.

Diferentes combinaciones del índice mostraron distintos impactos en la ventilación de la superficie del suelo urbano (Yunhao, et al., 2021), mostrando la regla de rugosidad de la superficie del suelo < rugosidad de la superficie del suelo + áreas con vegetación < rugosidad de la superficie terrestre+ aguas < rugosidad de la superficie terrestre +áreas con vegetación + aguas.

Las áreas con vegetación y las aguas podrían optimizar la ventilación urbana y reducir efectivamente la temperatura de la superficie terrestre (Yunhao, et al., 2021). Los corredores de ventilación construidos basados en la rugosidad de la superficie del terreno + áreas con vegetación + las aguas tenían la temperatura más baja y podían generar el máximo de beneficios de ventilación.

3.2. Caso internacional-nacional

3.2.1. Espacios azules en la ciudad

Los espacios azules urbanos son fundamentales para la biodiversidad, ya que brindan variedad de servicios ecosistémicos, además de promover la salud y bienestar de los habitantes. A pesar de ello, la accesibilidad a los espacios azules a menudo se distribuye de manera desigual entre los distintos gradientes socioeconómicos, e incluso la disponibilidad de un espacio azul de calidad podría extenderse a cuestiones relacionadas con temas de justicia ambiental (Thornhill, et al., 2022). Si las ciudades buscan ser social y ambientalmente resilientes ante la perturbación futura, contar con ecosistemas saludables serán clave.

Se tiene la proyección de que la cobertura mundial del suelo urbano aumentará a 1.2 millones de km^2 para el año 2030 (Seto, et al., 2012). El mayor crecimiento de la población urbana se pronostica en las economías de ingresos más bajos, en las regiones más urbanizadas que incluyen a América latina y el Caribe (UN, 2018). Por lo tanto, la modificación del ecosistema es inevitable, alterándose entre ellos el espacio azul, mismo que es representado por todos los hábitats acuáticos superficiales, como ríos, arroyos, estanques, lagos, canales, zanjas y desagües ubicados en espacios urbanos (Raymond, et al., 2016).

3.3.2. Ventajas de los espacios azules urbanos

Los espacios azules brindan una serie de ventajas al incorporarse o preservarse su presencia dentro de los espacios urbanos:

a) Se percibe la naturaleza de forma positiva dentro de los paisajes urbanos, los beneficios para los usuarios son: oportunidad para relajarse, reduce el estrés, mejora la salud, bienestar físico y mental (Higgins et al., 2019; Volker et al., 2018; Volker & Kistemann, 2011).
b) En el aspecto social, los espacios azules urbanos se utilizan como puntos de encuentro para actividades sociales (Amstrong, 2000; Leyden, 2003), mejorando la integración social (construcción comunitaria, contactos sociales y trabajo colectivo).
c) En determinados casos, la presencia de agua es un atributo ambiental influyente para establecer el precio de los inmuebles (Bourassa et al., 2004).
d) En el aspecto biofísico, proporcionan sitios para la biodiversidad, mitigación de inundaciones, cambio climático (a través del secuestro de carbono) y mitigación de las islas de calor urbanas (Sun, et al., 2012).

En el aspecto medioambiental, el espacio azul urbano puede actuar como refugio para la flora y fauna acuática, misma que se encuentra rodeada de un paisaje urbano inhóspito, el manejo cuidadoso puede proporcionar sitios con alta calidad ecológica (Chester y Robson, 2013). Los beneficios sociales de los servicios ecosistémicos proporcionados por los espacios azules (agua) o verdes (vegetación), no benefician a las personas por igual (Erneston, 2013), ya que depende de procesos sociales y políticos que influyen directamente en su implementación y distribución dentro de las sociedades.

3.3.3. Metodología

Se realizó un análisis comparando la ciudad en Bristol, Reino Unido con la Ciudad de México, México, ciudades participantes en el proyecto 100 Ciudades Resilientes, cuyos

contextos: económico, político, social y ambiental son sumamente contrastantes (Fundación Rockefeller, 2020).

Paso 1. Se caracterizaron las ciudades, describiendo: localización, clima, suministro de agua, disponibilidad de agua, riesgos, expansión urbana, áreas verdes y densidad poblacional.

Paso 2: Se determinaron los gradientes sociales y económicos (ver Tabla 43).

Tabla 43 Indicadores de desarrollo de la ciudad de Bristol y México

Bristol	Ciudad de México
Índice de Privación Múltiple (IMD)	**Índice de Desarrollo Humano (IDH)**
Medida oficial de privación relativa en Inglaterra, que proporciona información acerca de la privación de ingresos, de empleo, educación, habilidades y capacitación; privación de salud y discapacidad, tasa de criminalidad; acceso a vivienda, servicios y privación del entorno de vida	Conjunto de indicadores de calidad de vida: la posibilidad de disfrutar una larga vida y saludable, evaluada por la esperanza de vida al nacer; la capacidad de adquirir educación formal, medida por el número medio de años de escolaridad para adultos de 25 años y más y la oportunidad de contar con recursos que permitan un nivel de vida digno.
(Noble et al., 2019).	(Permanyer, 2013).

Fuente: Elaboración propia basada en Thornill, et al. 2022.

Paso 3: Digitalización del espacio azul. Todo el mapeo se realizó utilizando ESRI ArcMap versión 10.5.1. Una vez digitalizadas todas las aguas superficiales, tanto en Bristol como en Ciudad de México, se calcularon las áreas de superficie, asignándose todas las características a una de las siguientes categorías: canal, drenaje (es decir, zanjas), fuente, lago (>20.000 m^2), estanque (<20.000 m^2), embalse (o presa), ríos y arroyos, manantial, agua de marea o pozo (Thornill, et al. 2022). En Bristol, se dividieron las coberturas de espacio azul por parcela LSOA (n=437), uniéndose a los datos IMD.

Paso 4. Análisis estadístico. Todos los análisis estadísticos se realizaron en el entorno R (Thornill, et al. 2022). El porcentaje de espacio azul por m^2 de cobertura terrestre, y por persona de cobertura terrestre (%m^2/persona) se calculó:

a) Extrayendo el área total del espacio azul (y subcategorías) dentro de cada LSOA (Bristol) o municipio (Ciudad de México).
b) Expresando esto como porcentaje de cobertura dentro de cada LSOA o municipio.
c) Dividiendo este porcentaje entre la población.

3.3.4. Resultados

Disponibilidad de espacio azul

Los sitios de flujo de agua presentes en la Ciudad de México, cuyo origen es de carácter montañoso cambian su flujo entre las estaciones húmeda y seca, por lo que estas cifras pueden estar sobreestimadas durante los períodos más secos. El área total de espacio azul fue menor, en comparación de la ciudad de Bristol (829 ha), siendo la superficie de espacios azules presente en Ciudad de México (4835 ha).

Sin embargo, el porcentaje de espacio azul por Municipio y LSOA fue menor en la Ciudad de México (1.4%) que en Bristol (2.2%). Cualquier aumento relativo en el tipo de cuerpo de agua en la Ciudad de México en comparación con Bristol (por ejemplo, más del doble de la cantidad de agua estancada), se compensa con la alta densidad de población de Bristol (Thornill, et al. 2022).

Calidad ambiental, acceso y amenidad a escala local a través de gradientes socioeconómicos

La más fuerte de estas asociaciones se encontró entre la accesibilidad a la vivienda, sugiriendo que a medida que la vivienda se vuelve más accesible, los espacios azules locales tienen hábitats menos complejos, además que existe mayor probabilidad de que sean olorosos, además de recibir descargas urbanas. Por otra parte, se identificaron varias asociaciones entre la calidad ambiental y los factores socioeconómicos, que podrían tener importantes implicaciones ante la consideración y gestión de espacios azules en el futuro en las zonas urbanas (Thornill, et al. 2022).

Los hallazgos revelaron que la disponibilidad de agua sin gas representa un indicador de un estatus socioeconómico más alto en ambos estudios de caso, sin embargo, la evolución urbana muestra un notable contraste. A nivel local, se observaron gradientes ambientales de hábitats más complejos, perturbados; así como beneficios potenciales de bienestar (como la reducción de ruido) y esparcimiento.

Debido al crecimiento demográfico y de desarrollo, se está ejerciendo mayor presión sobre los sistemas sociales y ecológicos (Reid et al., 2019), por lo tanto, se resalta la importancia del espacio azul tanto para la ecología como para la sociedad, además es relevante comprender la distribución y acceso al espacio azul urbano para los ciudadanos, siendo una estrategia de contribución a la resiliencia socio ecológica en el espacio urbano.

Asociación entre la disponibilidad del espacio azul y los índices socioeconómicos

Existe asociación entre la cobertura de aguas tranquilas y los indicadores de nivel socioeconómico alto, además, existen estudios previos que comprueban la capitalización del agua (Sander & Zhao, 2015), mismo que se ve reflejado en los precios inmobiliarios.

En el caso de la Ciudad de México, las personas migran hacia el centro de la ciudad en busca mayores ingresos, cuya sección de la cuenca tiene aguas tranquilas, en contraste, los hogares con menores ingresos ubicados en regiones rurales y periurbanas (normalmente asentadas en zonas de transición y de montaña), tienen más agua corriente.

Desde la perspectiva internacional, los residentes de economías con altos ingresos (por ejemplo, Reino Unido), pueden migrar de manera proactiva a regiones rurales cuyo valor en la periferia es aún mayor, al ser áreas más limpias, con mayor espacio verde y azul (King, 2012). Particularmente, las variables con mayor dinamismo en los espacios azules, factores como olor y color del agua son de suma importancia en el entorno social.

Por lo tanto, se recomienda medir, por lo menos, trimestralmente o estacionalmente para analizar la situación típica o crónica, mientras que los problemas agudos y estocásticos,

requerirán de un seguimiento más específico. La planeación urbana futura debe considerar la incorporación de espacios azules y verdes, con las características adecuadas para obtener rendimientos eficientes, además de que la forma urbana es importante ante la distribución de los espacios azules.

3.3. Caso nacional

3.3.1. Vegetación urbana como regulador de temperatura

La sociedad se ha visto en la necesidad de observar las condiciones climáticas y los cambios que ha experimentado durante los últimos años, entre ellos el Efecto de Isla de Calor (EIC), consecuencia del incremento de la población, junto con sus actividades económicas desempeñadas, principalmente en las ciudades. Se toma como referencia, la ciudad media de Querétaro, donde se diagnosticó que en este lugar se experimenta el EIC, por lo tanto, es necesario promover la planeación del crecimiento urbano (Colunga, et al., 2015).

La variación de la temperatura del aire se asocia con la intensidad de las islas de calor urbano, misma que depende de factores como diseño urbano, infraestructura, densidad de edificación, etc. (García, et al., 2009). En comparación con el campo, las ciudades tienen bajo albedo, alta absorción de calor en las superficies (Doick y Hutchings, 2013), generan masivamente gases de efecto invernadero (GEI), y polvos industriales, producto de las actividades antropogénicas (Wilby, 2003).

Incrementar la presencia de áreas de vegetación en la ciudad es una estrategia principal previamente explorada para mitigar el efecto adverso de las islas de calor (Anyanwu y Kanu, 2006; Li, et al.,2013). Para incluir la vegetación dentro del entorno urbano, es necesario realizar una investigación previa donde se analice la vegetación nativa y el clima, aspectos importantes para ejecutar dichas acciones con mayor efectividad.

3.3.1.1. Metodología

Caracterización del área de estudio

Se tomó en cuenta la ubicación de la ciudad de Querétaro, Querétaro, la densidad poblacional, precipitación, temperatura media anual y el paisaje. Se describió a detalle el centro histórico de Querétaro: está compuesto por edificios barrocos de menos de seis pisos de altura, el 90% de las calles del centro de la ciudad y alrededores están pavimentadas con adoquín, el resto tiene superficies asfaltadas, edificios de hormigón y acero (Colunga, et al., 2015).

En el aspecto de vivienda, el 70% son edificios unifamiliares de menos de tres pisos; el resto son conjuntos multifamiliares y casas de interés social de dos niveles ubicados en la periferia. Los principales materiales de construcción para las viviendas son hormigón, metal, ladrillos, tejas y poliestireno (Colunga, et al., 2015).

Insumos para el diagnóstico en la zona de estudio: se utilizaron imágenes Landsat 8 (Sensor OLI_TIRS_L1T), tomadas el 5 de diciembre de 2013, USGS Global Visualization View- utilizando ENVI 5 (ITTVVisual Information Solutions), las cuales se usaron para estimar la altura promedio de árboles y edificios, la fracción de superficie ocupadas por edificios, además de las fracciones permeables e impermeables (Colunga, et al., 2015).

Los resultados de la caracterización de las Zonas Climáticas (LZC) se describen de la siguiente manera (Colunga, et al., 2015):

a) LCZ B (árboles dispersos)

Descrito como vegetación ligeramente densa compuesta por arbustos, cactus (Opuntiasp. Y Myrtillocactus geometrizans), bosques secos tropicales (BDT) y parches de reforestación (compuesto por Jacaranda mimosifolia, Eucalipto globulus). Constituye una de las zonas climáticas mejor conservadas del municipio de Querétaro (Baltazar et al., 2004), y se ubica en la periferia sur de la ciudad.

b) LCZ 6 (abierto de poca altura)

Se compone de edificios pequeños de uno a tres pisos, cuyos principales materiales de construcción son: hormigón, piedra, ladrillo, teja y metal. El 50% de la superficie está cubierta de arbustos dispersos. El uso de suelo compone de apartamentos y establecimientos de uso comercial (pequeños centros comerciales). Estos suburbios están ubicados en la periferia norte de la ciudad.

c) LCZ 3 (compacto de poca altura)

Mezcla densa de edificios de baja altura con menos de tres pisos y diversos materiales de construcción (hormigón, piedra, tejas y ladrillos). Las vialidades están hechas con pavimento y adoquines, las calles pueden tener algunos árboles dispersos. Se encuentra dentro del núcleo urbano (densidad media), tiene uso residencial (viviendas unifamiliares).

d) LCZ 2 (compacto de media altura)

Mezcla densa de edificios de mediana altura de menos de nueve pisos de diversos materiales de construcción (hormigón, piedra, tejas, ladrillos y metal). La mayoría de las calles están cubiertas de pavimento y adoquines, con algunos árboles dispersos (Eucaliptos y Jacarandas). Es adyacente al centro de la ciudad, con uso de suelo residencial conformado por viviendas unifamiliares dispersas.

Análisis estadístico

a) Se aplicó un análisis de regresión lineal (LR) para evaluar el incremento anual de las temperaturas mínimas y máximas promedio diarias de seis estaciones meteorológicas (ver Fórmula 2).

Fórmula 2 Regresión lineal (LR) para evaluar el incremento anual de las temperaturas mínimas y máximas

$Y = \beta_1 + \beta_0 X$	Donde: **Y** es la variable dependiente (Tmin y Tmáximo) **β_1** es el intercepto **β_0** es la pendiente **X** es la variable independiente (año)

b) Se aplicó un análisis de regresión lineal para explorar la relación entre el UHI y la diferencia entre la fracción de superficie permeable (expresada en porcentaje, ΔPSF) en los seis arreglos LCZ_{xy} (ver Fórmula 3).

Fórmula 3 Regresión lineal para explorar la relación entre el UHI y la diferencia entre la fracción de superficie permeable

$Y = \beta_1 + \beta_0 X$	Donde: Y es la variable dependiente (T_{min} y $T_{máximo}$) β_1 es el intercepto β_0 es la pendiente X es la variable independiente (ΔPSF)

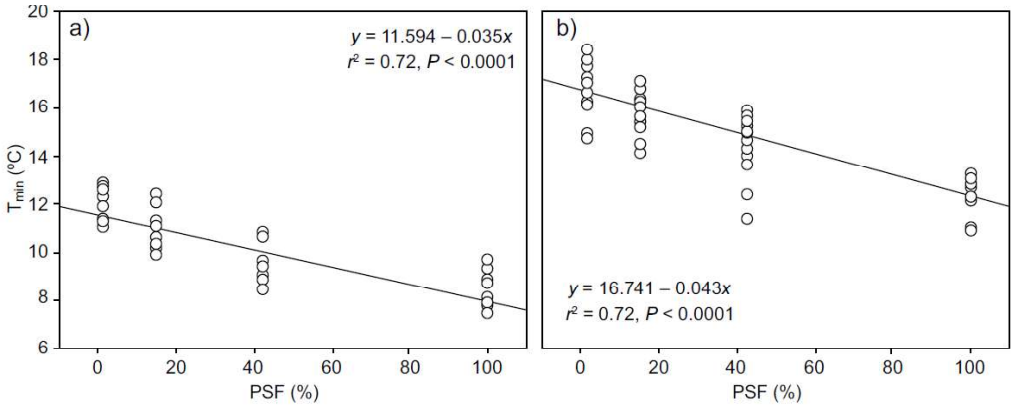
3.3.1.2. Resultados

La ciudad de Querétaro, con menos de un millón de habitantes, ha experimentado una alta tasa de crecimiento urbano (Icazuriaga y Osorio, 2007). La influencia que tiene la vegetación en la temperatura urbana, se expresa a través de una $T_{min\ promedio}$ de 13°C, T_{max} de 14.8°C y una T_{min} de 10.7°C. Las diferencias de temperatura oscilaron desde 1.6°C entre LCZ 3 y LCZ 6; por otra parte, entre LCZ 2 y LCZ B tuvo una oscilación de hasta 4°C.

De acuerdo con los autores Alexander y Mills (2014), las áreas más urbanizadas, con mayor superficie edificada presentaron temperaturas por encima de la media (LCZ 2 y LCZ 3), mientras que las áreas menos urbanizadas presentaron temperaturas por debajo de la media (LCZ 6 y LCZ B).

De acuerdo con el modelo de regresión lineal de la ecuación, un aumento del 50% en la fracción de superficie permeable (PSF, por sus cifras en inglés) produjo una reducción aproximada entre 1.75°C y 2.18ºC en Tmin para ambas temporadas (ver Figura 32). Existe una relación similar entre la cubierta de dosel y la temperatura en los parques urbanos (Yan, et al., 2014).

Figura 32 Relación entre la temperatura mínima media mensual (Tmin) y fracción de superficie permeable (PSF)



Fuente: Colunga, et al., 2015, p. 213.

Relación entre la temperatura mínima media mensual (Tmin) y fracción de superficie permeable (PSF) de las cuatro zonas climáticas locales durante (a) estaciones frías y (b) cálidas.

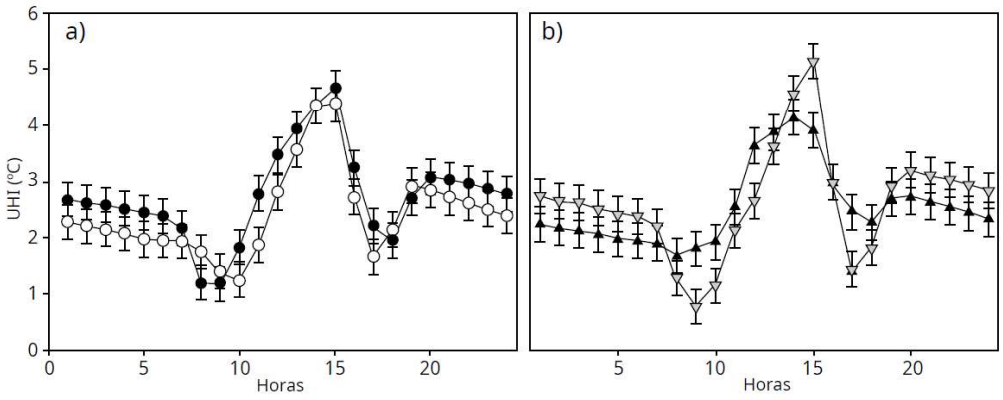
Un aumento del 50% en la cobertura vegetal produjo una disminución de 0,6ºC en la temperatura del aire, reforzando la idea de que la cobertura del dosel es un regulador de la temperatura ambiental (Yu y Hien, 2006). La vegetación actúa como sistema de enfriamiento evaporativo a través de la evapotranspiración, creando un albedo 15% más alto que la superficie urbana debido a la menor absorción de calor (Wilby, 2003; Lin, et al. 2011).

El efecto sombra proporciona una serie de beneficios: disminuye la radiación incidente, el efecto micro invernadero dentro de los edificios (Emmanuel, 2005; Anyanwu y Kanu, 2006), lo que promueve el ahorro de energía al disminuir la demanda en los sistemas de refrigeración; también reduce los riesgos para la salud al reducir los contaminantes atmosféricos, por ejemplo, el secuestro de CO_2.

Se recomienda realizar observaciones horarias para detectar el efecto de isla de calor urbano máximo y mínimo diario (Stewart, 2011). Por otra parte, durante el verano (cálido), las zonas más y menos urbanizadas reciben altas cantidades de radiación, aunque tengan diferentes albedos (Romero, et al., 2011).

En la ciudad de Querétaro, se identificó un patrón en la variación de las islas de calor, independientemente de la temporada y el estado del dosel. La intensidad se mantiene entre 2°C y 3ºC (ver Figura 33). Posteriormente se consigue un aumento sustancial llegando a un máximo de 5ºC entre las 15:00 y las 16:00 LT (Colunga, et al., 2015). Entre las 17:00-19:00 se reduce la temperatura terrestre, en consecuencia, disminuye la isla de calor y se mantiene entre 2-3ºC.

Figura 33 Serie temporal horaria para (a) isla de calor urbana (UHI) intensidad de la temperatura mínima media mensual.



Fuente: Colunga, et al., 2015, p. 215.

Los picos máximos de isla de calor se observaron en la tarde, durante las horas de mayor radiación solar. Esta energía es absorbida y almacenada por las superficies más urbanizadas, mientras que las zonas con menor urbanización, presentan mayores porcentajes de radiación.

El efecto de enfriamiento de la vegetación urbana, puede tener mayor eficiencia si se fusiona con la mayor disponibilidad de agua, tomando en cuenta que la paleta vegetal debe corresponder a las especies nativas presentes en áreas suburbanas.

Existen determinados inconvenientes a considerar cuando se decida incluir árboles en el paisaje urbano, como la producción de basura, el daño de las raíces a la infraestructura

y la emisión de compuestos volátiles nocivos (Anyanwu & Kanu, 2006). Se recomienda seleccionar cuidadosamente las especies de árboles a través de una planificación minuciosa.

En conclusión, incluir áreas verdes en la planeación urbana es importante, ya que su potencial para mitigar las altas temperaturas en las ciudades es efectivo. Sin embargo, el diseño, extensión y composición de especies del dosel deben considerar el clima urbano existente, además de tomar en cuenta la adaptación de especies a la variabilidad climática.

3.3.2. Techos fríos

Se trata de un techo ordinario con una capa reflectante en la superficie exterior, con alta reflectancia solar y emitancia térmica, estas propiedades permiten que el techo mantenga una temperatura más baja que un techo estándar bajo las mismas condiciones (Hernández, et al., 2014). Los edificios son sistemas complejos que consumen gran cantidad de recursos (agua, materiales, energía, etc.) y generan diferentes tipos de residuos. Los edificios representan el 40% del priconsumo de energía marina, además de generar la tercera parte del CO_2 global (Eicker, 2009).

La principal causa del consumo energético en los edificios es el aire acondicionado. Para reducir el uso de energía, se debe explorar la efectividad de los sistemas de aire acondicionado y las mejoras en el diseño arquitectónico pasivo (Hernández, et al., 2014). Existen diversos sistemas pasivos utilizados para reducir las ganancias de calor en los edificios: enfriamiento por evaporación (estanques de techo), vegetación (techos verdes), aislamiento térmico y revestimientos reflectantes (techos fríos).

Un techo fresco es un techo convencional con una capa reflectante en la superficie exterior con alta reflectancia solar (ρ) y alta emitancia térmica (ε). Estas propiedades permiten que el techo mantenga una temperatura más baja que un techo estándar en las mismas condiciones, ya que reflejan y emiten la mayor parte de la energía solar incidente. La temperatura más baja de un techo frío reduce el calor transmitido al edificio,

generando ahorros energéticos, por ejemplo, el aire acondicionado, por otra parte, mejora el confort térmico en los que no lo tienen (Hernández, et al., 2014).

3.3.2.1. Antecedentes

El clima no es el único factor influyente en el sobrecalentamiento de los edificios, la mayor parte de la configuración y materiales intervienen en este proceso. Los techos previamente estudiados son diferentes a los utilizados en un techo típico mexicano. Además, los códigos mexicanos obligatorios y no obligatorios para la edificación no toman en cuenta la reflectancia solar de paredes y techos. Por otra parte, INEGI (2011) enfatiza que, en México, la cubierta plana de concreto es la más común en las edificaciones residenciales.

a) Simpson y McPherson (1997): utilizaron modelos a escala 1/4 con techo de teja inclinada. Encontraron que un techo blanco tenía de 20°C a 30°C más fresco que los techos plateados o de color oscuro en los días cálidos y soleados. La casa modelo con techo blanco consumió entre 5% y 28% menos energía que los techos grises y marrones.
b) Parker y Barkaszi (1997): monitorearon nueve edificios residenciales con techos de tejas y metal. Los ahorros de electricidad medidos en los edificios promediaron el 19% debido a la aplicación de revestimientos reflectantes.
c) Labaki y Granja (2003): evaluaron el flujo de calor que penetra una losa de concreto con dos colores y diferentes espesores de techo. La reflectancia tuvo un efecto mínimo cuando el espesor del techo fue mayor a 15 cm.

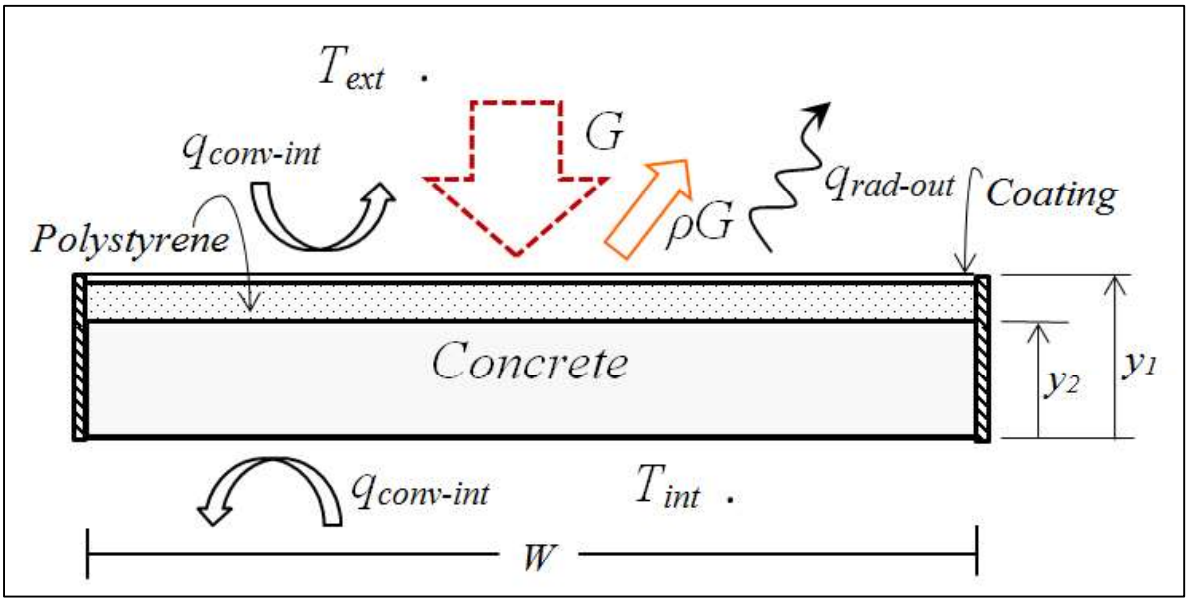
3.3.2.2. Metodología

Modelo físico

El modelo físico de la cubierta, consiste en una losa horizontal bidimensional con y sin revestimiento (Hernández, et al., 2014). La configuración (a) es el techo simple de concreto con un espesor (y1) igual a 10 cm.

La configuración (b) es el techo compuesto (ver Figura 34) con un espesor (y1) de 12.54 cm; esta configuración tiene aislamiento exterior y está conformada por hormigón y poliestireno, donde este último tiene un espesor (y1- y2) igual a 2.54 cm.

Figura 34 Modelo físico del techo compuesto



Fuente: Hernández, et al., 2014, p. 1755.

Modelo matemático de la cubierta.

La ecuación diferencial que gobierna la conducción de calor para la losa bidimensional está determinada por la ecuación (ver fórmula 4):

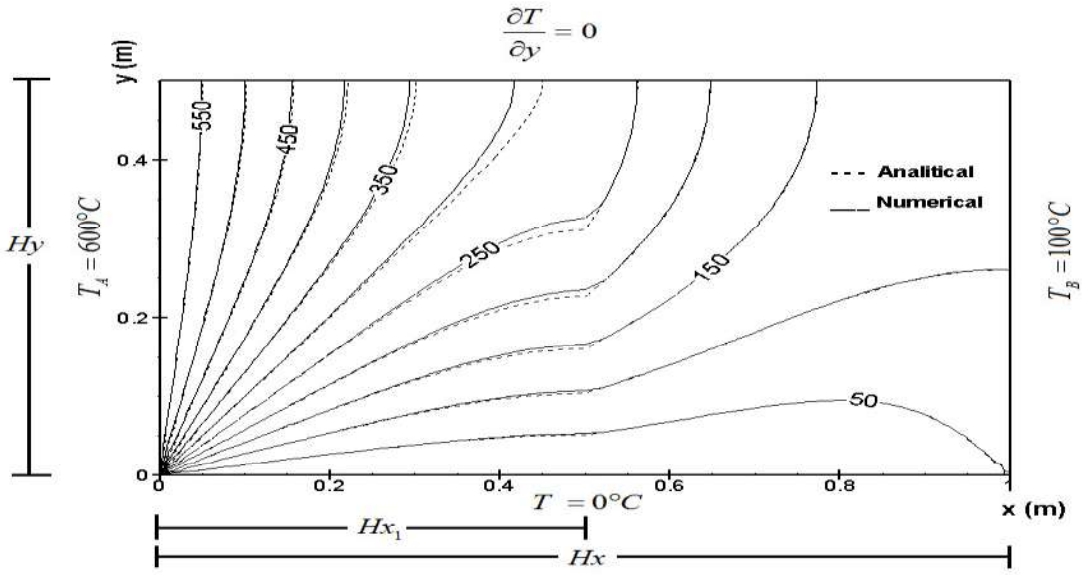
Fórmula 4 Conducción de calor para la losa bidimensional

$\frac{\partial}{\partial x}\left(k\frac{\partial T}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial x}\left(k\frac{\partial T}{\partial y}\right)=0$	Donde: T= temperatura K= conductividad térmica

Verificación numérica

En la Figura 35 se muestran de forma gráfica la comparación entre los resultados numéricos y analíticos, donde se encontró una desviación significativa entre los resultados numéricos y analíticos para las isotermas 300°C y 250°C, la diferencia máxima fue de 3.0%.

Figura 35 Comparación de las isotermas para una losa compuesta.



Fuente: Hernández, et al., 2014, p. 1757.

Para realizar la descripción de los datos climáticos y propiedades del techo, se seleccionaron cuatro ciudades: CDMX, Hermosillo, Guadalajara y Mérida. Las condiciones climáticas (radiación, temperatura del aire y velocidad del aire) de las ciudades se obtuvieron de la base de datos *Meteonorm Software*. Para determinar la conductividad térmica de los materiales, se calculó la absorbancia solar con la relación conocida para materiales opacos, a=1-ρ. La ermitancia térmica (ε) (ver Tabla 44) se supone con valor de 0.9 para los dos colores.

Tabla 44 Ermitancia térmica de materiales para techos

Materiales	k (W/mK)	Superficie	ρ
Concreto	1.7	Hormigón (gris)	0.328
Poliestireno	0.035	Revestimiento reflectante (blanco)	0.859

Fuente: Hernández, et al., 2014, p. 1757 y 1758.

La conductividad térmica varía considerablemente a lo largo de la interfaz, para calcular dicha propiedad se utiliza la siguiente fórmula (ver Fórmula 5):

Fórmula 5 Conductividad térmica

$$k_{interface} = \frac{2k_c k_p}{k_c + k_p} \quad \text{en} \quad y = y_2$$

3.3.2.3. Resultados

De acuerdo con los criterios considerados para la clasificación climática de Köppen, se construyeron gráficos de la temperatura superficial interior de cada techo durante dos días, así como los gráficos de flujo hacia el interior (Hernández, et al., 2014).

Durante las horas con mayor radiación solar, los techos grises alcanzaron temperaturas más altas; la superficie interior del techo simple gris alcanzó un máximo de 39°C, mientras que el techo gris compuesto alcanzó los 28°C. En el caso de los techos blancos, el modelo de techo único tenía una temperatura máxima de 25°C y el compuesto 24°C; los techos blancos mantuvieron la temperatura de la superficie interior bastante cerca de la temperatura de referencia del aire interior. Durante la noche todas las configuraciones fueron más frías que el aire interior.

Un resumen de la temperatura superficial máxima y el flujo de calor para las ciudades analizadas se describe en la Tabla 45, donde se muestran las reducciones porcentuales en la temperatura y el flujo de calor de los techos fríos con respecto a los techos convencionales (techos grises). Los porcentajes de reducción de temperatura en ambas comparaciones se encuentran en el rango de 11-45%, demostrando que el revestimiento

reflectante es capaz de reducir la temperatura superficial durante el día en cualquier tipo de clima. Las mayores reducciones porcentuales son las ciudades de clima templado (Ciudad de México y Guadalajara) donde la temperatura ambiente y los niveles de radiación solar son menores (Hernández, et al., 2014).

Tabla 45 Temperatura superficial máxima y el flujo de calor para las ciudades analizadas.

	Único gris (sg)	Único blanco (sw)	Diferencias entre sg y sw	Compuesto gris (cs)	Compuesto blanco (cw)	Diferencias entre sg y sw
	$T_{máxima}$ (°C)		**$\Delta T_{máximo}$**	**$T_{máxima}$ (°C)**		**$\Delta T_{máximo}$**
CDMX	39	25	14 (36 %)	27	24	3 (11 %)
Hermosillo	57	36	21 (37 %)	33	27	6 (18 %)
Guadalajara	47	30	17 (36 %)	30	25	5 (16%)
Mérida	62	34	28 (45 %)	32	27	5 (15 %)
	Flujo de calor máx. (W/m^2)		**ΔHF máximo**	**Flujo de calor (W/m^2)**		**ΔHF máximo**
CDMX	94	8	86 (91 %)	25	2	18 (92 %)
Hermosillo	206	73	105 (64 %)	57	20	37 (65 %)
Guadalajara	139	36	103 (74 %)	37	9	28 (76 %)
Mérida	178	67	111 (62 %)	48	18	30 (62 %)

Fuente: Hernández, et al., 2014, p. 1761.

La configuración de un solo techo blanco pudo reducir la temperatura de la superficie interior hasta 28°C al mediodía en comparación con un techo con el color gris original del hormigón. En climas cálidos como Hermosillo y Mérida, la aplicación de la capa reflectante blanca en el techo el techo sin aislamiento puede generar flujos de calor hacia el interior similares a los alcanzados por el techo gris con aislamiento.

Para climas templados como la Ciudad de México y Guadalajara, el uso del techo compuesto blanco también es el más adecuado, ya que reduce las ganancias y pérdidas de calor. Se debe tener en cuenta la inercia térmica general de todo el edificio para dar recomendaciones más confiables.

Conclusiones

El problema de las islas de calor urbano no es de talla local, sino es experimentado en diversas partes del mundo, en algunos lugares de manera más severa en comparación de otros, por lo tanto, investigadores se han dado a la tarea de indagar las posibles alternativas de solución, diseñar prototipos arquitectónicos a implementar en las áreas afectadas, de esta manera evaluar su efectividad a través de minuciosos análisis estadísticos y sistemáticos.

Los corredores de ventilación urbana son la estrategia seleccionada con mayor relevancia, ya que incorpora la morfología urbana como herramienta para mitigar efectos adversos de las islas de calor, estos incluyen el diseño de calles, edificios, la forma de la ciudad, cuerpos de agua y áreas verdes. Estos corredores no se limitan a aplicarse en determinados puntos de la ciudad, sino se expanden a áreas conurbadas y periferias, ya que consideran el crecimiento a futuro de la mancha urbana.

Por ello, se analizaron los casos de éxito de diferentes elementos que conforman a los corredores de ventilación urbana a nivel internacional y nacional: techos fríos, disponibilidad de espacios azules dentro de las ciudades, importancia de incorporar áreas verdes dentro de las ciudades, y diseño arquitectónico pasivo de las edificaciones. A partir de ello, se obtuvo evidencia empírica respecto a la efectividad de acciones implementadas buscando mitigar el efecto adverso de las islas de calor.

Cabe resaltar que los estudios previamente analizados, enfatizan la importancia de caracterizar el área de estudio, ya que funge como la base principal para adaptar dichas estrategias al entorno a aplicar. En ellos, se analiza la teoría que explica en que consiste la estrategia a aplicar, se describe la metodología y los resultados obtenidos, donde se sugieren futuros estudios a realizar para confirmar la efectividad de las estrategias, implementadas bajo diferentes contextos y condiciones.

El problema de las islas de calor urbano es experimentado en diversas partes del mundo, en algunos lugares de manera más severa en comparación de otros, por lo tanto,

investigadores se han dado a la tarea de indagar las posibles alternativas de solución, diseñar prototipos arquitectónicos a implementar en las áreas afectadas, de esta manera evaluar su efectividad a través de minuciosos análisis estadísticos y sistemáticos.

Los corredores de ventilación urbana son la estrategia seleccionada con mayor relevancia, ya que incorpora la morfología urbana como herramienta para mitigar efectos adversos de las islas de calor, estos incluyen el diseño de calles, edificios, la forma de la ciudad, cuerpos de agua y áreas verdes. Estos corredores no se limitan a aplicarse en determinados puntos de la ciudad, sino se expanden a áreas conurbadas y periferias, ya que consideran el crecimiento a futuro de la mancha urbana.

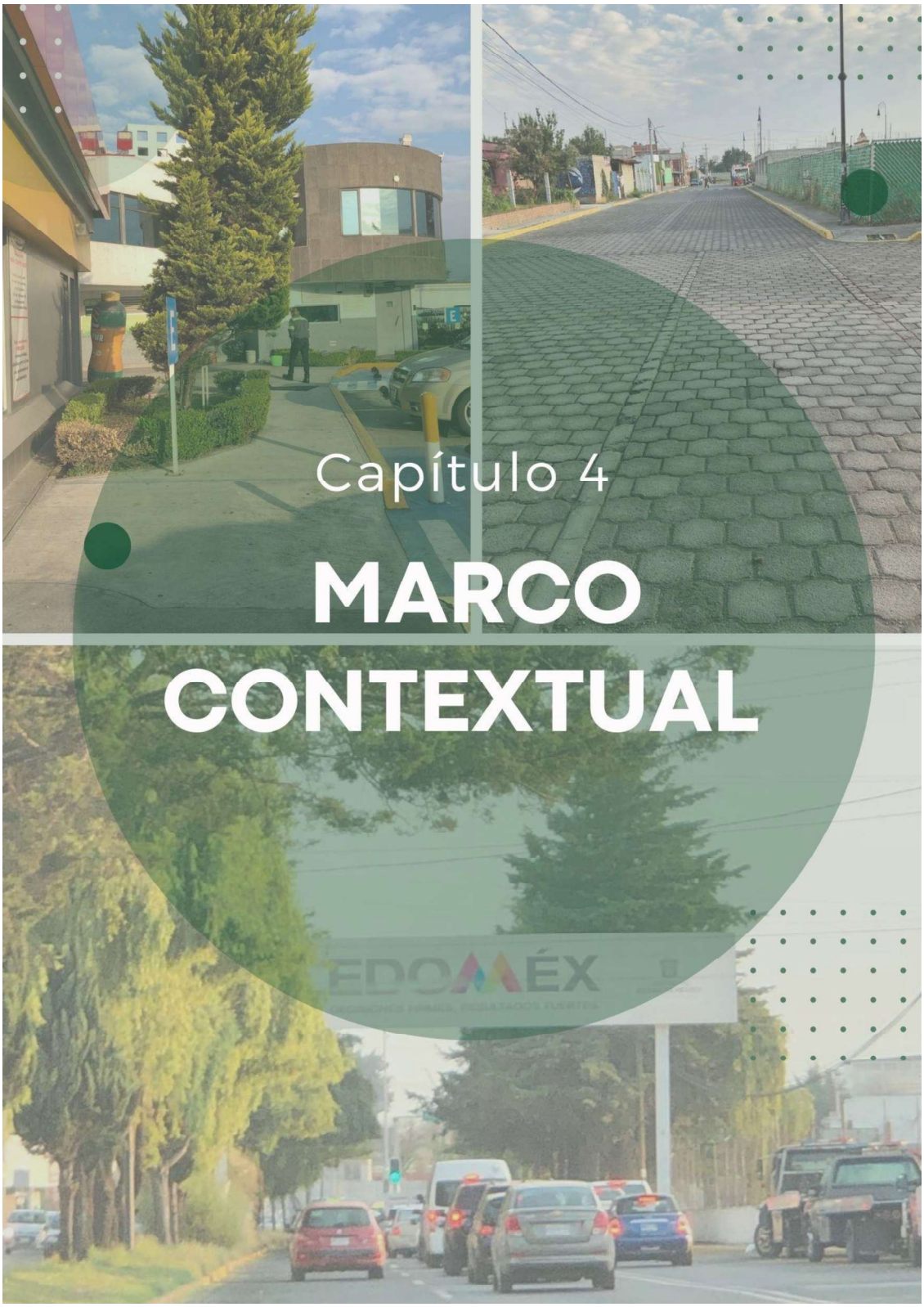
Por ello, se analizaron los casos de éxito de diferentes elementos que conforman a los corredores de ventilación urbana a nivel internacional y nacional: techos fríos, disponibilidad de espacios azules dentro de las ciudades, importancia de incorporar áreas verdes dentro de las ciudades, y diseño arquitectónico pasivo de las edificaciones. A partir de ello, se obtuvo evidencia empírica respecto a la efectividad de acciones implementadas buscando mitigar el efecto adverso de las islas de calor.

Cabe resaltar que los casos exitosos previamente analizados, enfatizan la importancia de caracterizar el área de estudio, ya que funge como la base principal para adaptar las acciones al entorno a aplicar. En ellos, se examina la teoría que explica en qué consisten las acciones a implementar, se describe la metodología y los resultados obtenidos, donde se sugieren las áreas de oportunidad para realizar futuras investigaciones, de esta forma, confirmar la efectividad de las estrategias, implementadas bajo diferentes contextos y condiciones.

Tabla 46 Estrategias efectivas para mitigar el efecto de las islas de calor urbano

Estrategias efectivas para mitigar el efecto de las islas de calor urbano			
Estrategia	**Lugar donde se implementó**	**Componentes/ características**	**Beneficios ambientales**
Corredores de ventilación urbana	• Kaigeng • Hefei	• Vegetación • Cuerpos de agua • Red vial • Densidad de construcción	Disipación de contaminantes. Mitigación de los efectos de islas de calor urbano.
Espacios azules	• Bristol, Reino Unido • CDMX, México	• Agua sin gas en lugares con mayores ingresos • Agua con gas espacios que perciben menos ingresos	Resiliencia socio-ecológica en el espacio urbano.
Vegetación urbana como regulador de temperatura	• Querétaro	• Características de las edificaciones en el centro histórico	Mitigación del efecto isla de calor. Reducción de temperatura aproximada de 1.75°C y 2.18°C. Sistema de enfriamiento evaporativo.
Techos fríos	• CDMX • Hermosillo • Guadalajara • Mérida	• Revestimientos reflectantes • Reflectancia solar	Reducción en el uso de energía para enfriamiento. Ahorro energético de hasta el 19%. Reducción de temperatura en cualquier clima.

Fuente: Elaboración propia.


Capítulo 4
MARCO
CONTEXTUAL

Los elementos particulares del área de estudio permiten obtener las características particulares de la zona a analizar, donde se abordan aspectos biofísicos, económicos y sociales, mismos que sirven como punto de referencia para comprender las causas u orígenes de diversas problemáticas ambientales que pueden suscitarse en una zona desarrollada o en proceso de crecimiento urbano.

La caracterización de cada uno de los elementos territoriales es el fundamento teórico que debe ser contrastado con la realidad, de esta manera se puede determinar un diagnóstico adecuado que se apegue a las necesidades reales de la población y su entorno, mismo que se encuentra en constante cambio debido al dinamismo que caracteriza a las ciudades, de esta manera es posible obtener las características actuales, además de generar proyecciones de crecimiento a largo plazo.

El objetivo del capítulo consiste en integrar la caracterización socioeconómica y biofísica del municipio de Metepec, con el fin de contar con la información necesaria para identificar las causas que originan las islas de calor u otras problemáticas ambientales, así como sus efectos adversos. tomando en cuenta factores naturales, económicos y sociales. A partir de ello, determinar propuestas de solución dependiendo del sector abordado, para obtener beneficios eficientes.

En este apartado, se realiza la descripción de los componentes territoriales, su impacto a lo largo de la historia del municipio, factores que han aportado elementos necesarios para el desarrollo del lugar, e incluso aquellas modificaciones que han impactado de forma adversa al territorio. En el aspecto natural de Metepec, se abordan elementos que no sufren modificaciones, como la ubicación y delimitación del área de estudio.

Se analiza la cuenca hidrológica a la que pertenece Metepec, esto con la finalidad de realizar un contraste entre el área de estudio y la propuesta que se busca implementar para mejorar las condiciones ambientales (haciendo referencia a los corredores de ventilación urbana), también se describen los componentes hidrológicos, climas (temperaturas y precipitación), geología, edafología, vegetación y uso de suelo.

Las actividades económicas que se desempeñan en la región, tienen relevancia tanto en el grado de desarrollo económico que tendrá el municipio, así como el impacto ambiental que se verá reflejado debido a las actividades productivas, por lo que se realizan las descripciones y dinámicas de crecimiento relacionadas actividades económicas, ingreso, producción y rendimiento de productos elaborados en la región.

Finalmente, abordar al sector demográfico permite obtener la dinámica de crecimiento poblacional, determinar las áreas con mayor concentración que representan alta demanda de servicios, y posiblemente serán los sitios con más contaminación atmosférica, por lo tanto, es importante llevar a cabo el análisis de población que quizá demandará soluciones a diversas dificultades ambientales, económicas o sociales en las diferentes localidades que integran al municipio de Metepec.

4.1. Caracterización biofísica

La composición biofísica de un espacio territorial atraviesa por una serie de modificaciones tanto sociales como políticas, ya que es el medio para establecer asentamientos humanos y cuenta con los recursos naturales necesarios para su subsistencia (Zambrano, et al, 2019). Por otra parte, es en la parte tangible donde se realizan acciones culturales intencionalmente deliberadas con diversos enfoques.

El territorio está inmerso en una dinámica donde el espacio se encuentra en constante cambio, mismo que se encuentra sujeto a un análisis constante con la finalidad de determinar si los cambios generados afectan o benefician al medio natural, es decir, se representan degradación o conservación para los elementos naturales, por lo que analizar las condiciones biofísicas es de suma importancia, ya que de este componente depende la vida.

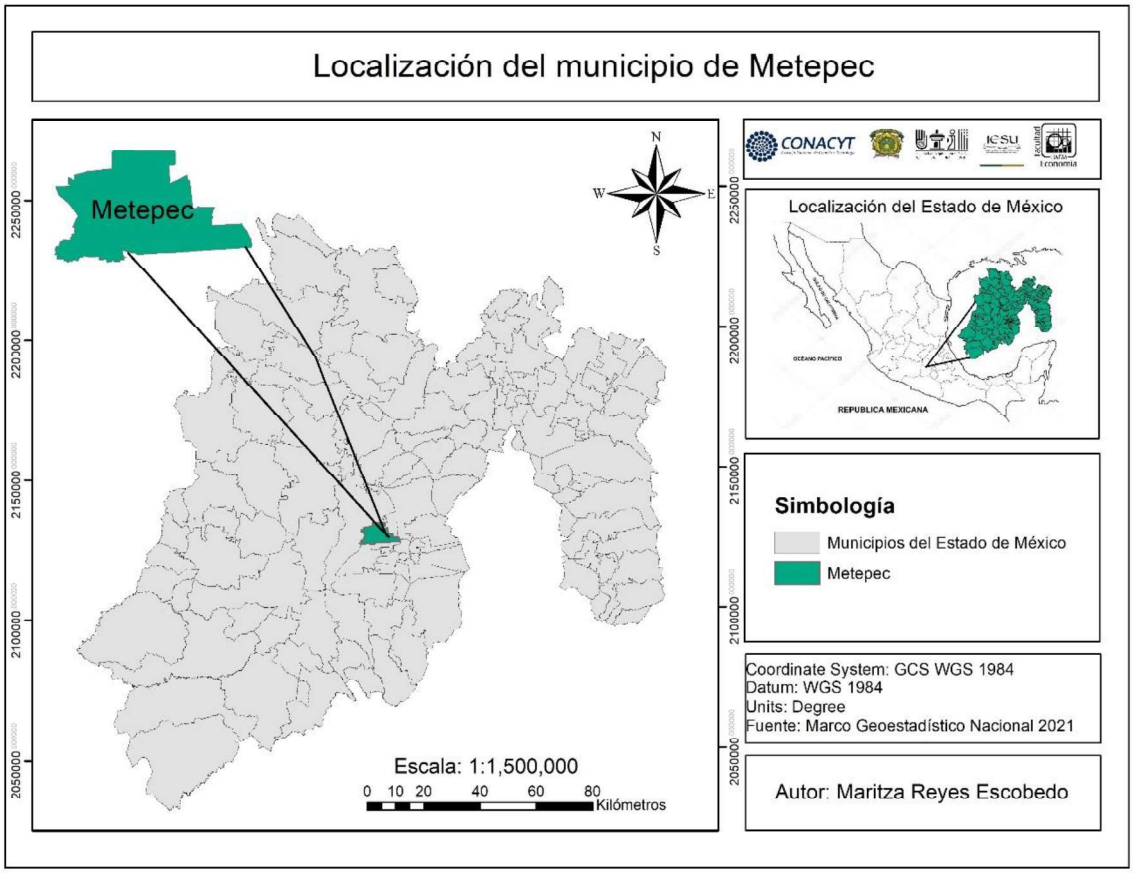
Tener noción de los recursos renovables y no renovables presentes en el entorno donde se desarrolla la vida humana, su aprovechamiento, permite desarrollar el aspecto

económico dentro de la región al formar parte de los procesos y medios de producción (Zambrano, et al, 2019). Por otra parte, el acceso a fuentes hídricas, el uso de suelo, clima, aire, flora, fauna, paisaje, etc., son aspectos que hay que examinar para determinar el grado de habitabilidad en la zona.

4.1.1. Localización

La geografía municipal del Metepec se ubica en el Valle de Toluca, a seis kilómetros de la capital mexiquense. Cuenta con una superficie de 69.6959 km2. Los límites territoriales se establecen de la siguiente manera: colinda al norte con el Municipio de Toluca; al sur con los municipios de Calimaya, Mexicaltzingo y Chapultepec y al este con los municipios de Santiago Tianguistenco, Lerma y San Mateo Atenco, y al oeste nuevamente con el Municipio de Toluca (ver Mapa 1).

Mapa 1 Localización de Metepec



Fuente: Elaboración propia.

Tiene una altitud de 2,670 metros sobre el nivel del mar, su latitud está en el paralelo de 19°15’ de latitud al norte, su longitud oeste del meridiano de Greenwich es 99°36’10”. El Municipio de Metepec, para su organización territorial, está integrado por: 1 Cabecera Municipal, denominada: “Ciudad Típica de Metepec”, 6 Barrios; 11 Pueblos; 4 Colonias Agrícolas; 13 Colonias Urbanas; 27 Fraccionamientos; 387 Condominios; 9 Conjuntos Urbanos y 8 Unidades Habitacionales (Gobierno de Metepec, 2022).

4.1.2. Hidrología

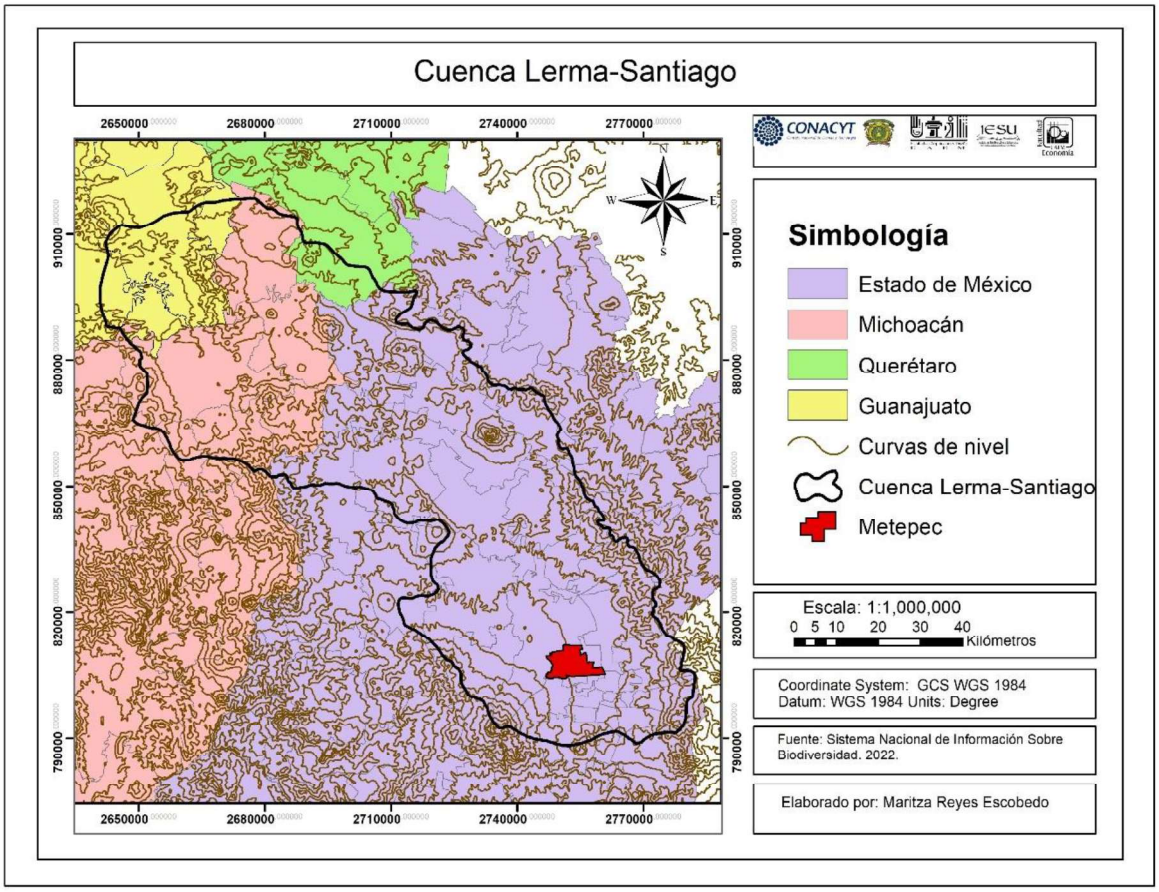
Delimitación de la Cuenca hidrológica

La definición de cuenca hidrográfica se refiere a la superficie de terreno cuya escorrentía superficial fluye en su totalidad a través de una serie de corrientes, ríos y lagos hacia el mar por una única desembocadura, estuario o delta. La cuenca hidrográfica como unidad de gestión del recurso se considera indivisible (Gobierno de España, s.a). Cada cuenca se divide en subcuencas, cuya escorrentía fluye hacia un determinado punto del curso del agua (pueden ser lagos o una confluencia de ríos).

El área físico-geográfica de la cuenca se delimita por sistemas topográficos o geológicos que definen territorialmente un área de drenaje común, donde interactúan en un proceso permanente y dinámico los subsistemas físico, biótico y socioeconómico (Gómez, 2020), lo que hace que exista una interdependencia espacial y temporal entre el medio biofísico (suelo, ecosistemas acuáticos y terrestres, cultivos, agua, biodiversidad, estructura geomorfológica y geológica), los modos de apropiación (tecnología y/o mercados), y las instituciones (organización social, cultural, reglas, leyes).

La investigación se centra en el análisis de la cuenca Lerma-Santiago, a la que pertenece el municipio de Metepec. Su delimitación se puede ver en el Mapa 2, donde se plasma su distribución en diversas entidades federativas, la mayor parte de su superficie se encuentra distribuida en el Estado de México, seguido por el Estado de Michoacán, Guanajuato y abarcando una mínima parte del estado de Querétaro. Por otra parte, las características morfométricas principales se muestran en la Tabla 47.

Mapa 2 Cuenca Lerma-Santiago



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 47 Características físicas de la Cuenca Lerma-Santiago.

Características físicas de la Cuenca Lerma-Santiago	
Región hidrológica	Lerma-Santiago
Región	VIII
Clave geohidrográfica	RH12
Cota máxima	4201 msnm
Cota mínima	2001 msnm
Longitud del cauce principal	132916 km²
Perímetro de la cuenca	509.016 km
Área de la cuenca	7963.15 km^2
Número de cauces	58
Escurrimiento superficial	13240 hm^3/año
Aguas nacionales	

Uso	Aguas superficiales	Aguas subterráneas	Descargas de aguas residuales	Zonas federales	Extracción de materiales
	Volumen de extracción concesionado m^3/año	Volumen de extracción concesionado m^3/año	Volumen de descarga concesionado m^3/año	Superficie concesionada m^2	Volumen concesionado
Agrícola	6,007,633,749	5,182,622,099	182,576	364,251,967	23,984
Agroindustrial	87,428	956,866	353,283	152,967	0
Doméstico	4,288,692	10,022,330	3,794,367	120,147	0
Acuacultura	315,042,934	15,502,056	1,008,442,331	2,302,979	0
Servicios	34,421,256	223,179,893	504,463,359	16,266,971	20,244,693
Industrial	31,400,526	382,877,657	618,015,169	5,263,263	11,800
Pecuario	15,806,710	27,799,858	3,902,363	63,483,945	0
Público urbano	1,051,975,078	1,491,535,198	1,189,880,370	106,041	800
Múltiples	223,229,611	755,153,436	32,065,378	19,389,163	40,400
Generación de energía eléctrica	21,080,981,144	0	219,831,536	38,590	0
Comercio	0	0	0	1,524	4,152,529
Otros	0	180,000	0	335,324	55,710
Conservación ecológica	0	0	0	24,047	0
Total	28,764,867,127	8,089,829,392	3,580,930,732	471,736,927	24,529,916

Fuente: CONAFOR (2011); CONAGUA (2021); GOB (2021).

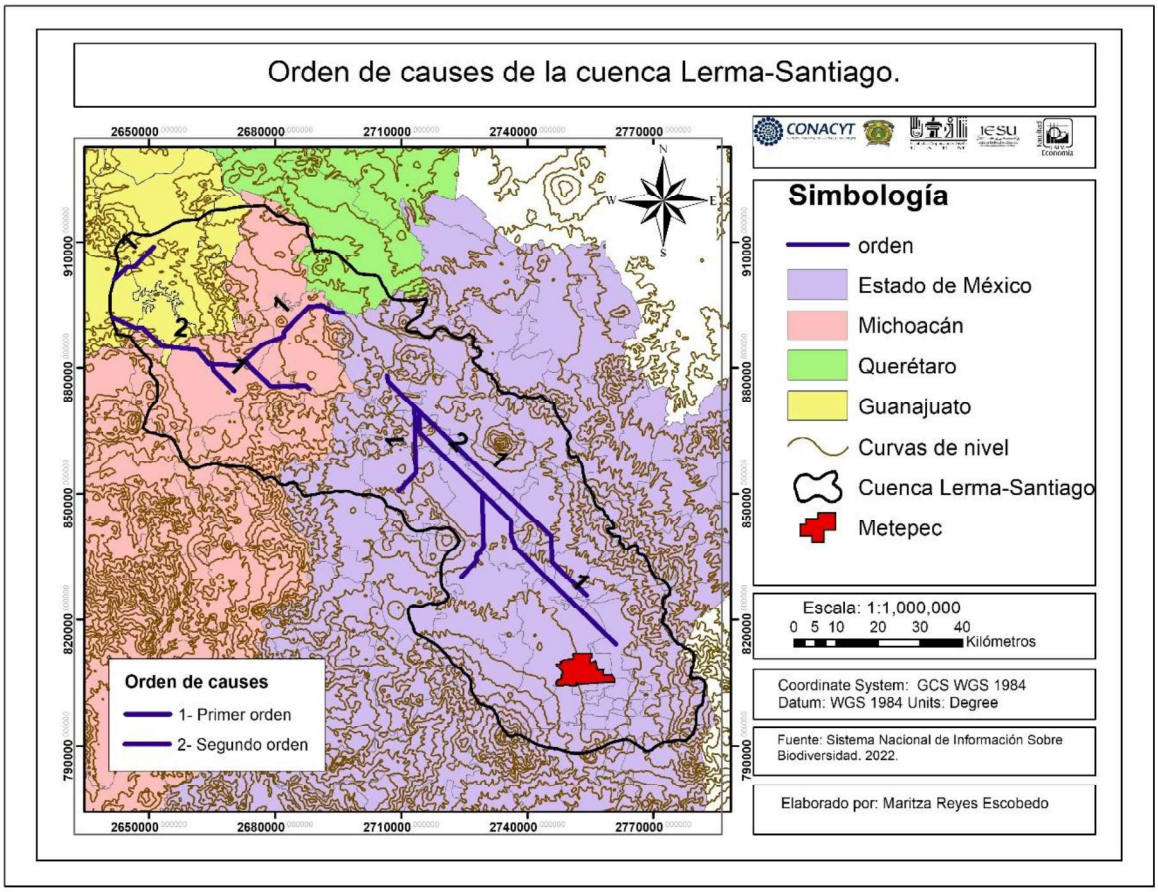
Posterior al análisis del volumen de aguas concesionado por (CONAFOR, 2011; CONAGUA, 2021; GOB, 2021), se realizó la determinación del orden de causes que conforman a la cuenca Lerma-Santiago (ver Mapa 3), misma que se llevó a cabo mediante el método de Strahler, que permite obtener el orden de las corrientes para tener un mejor conocimiento de la complejidad y desarrollo del sistema de drenaje de la cuenca (Ordoñez, 2011), el cual se relaciona con el caudal relativo del segmento de un canal.

Para determinar el orden de secuencia de las corrientes se utilizó el método de Strahler; el cual define el tamaño de una corriente basándose en la jerarquía de los afluentes (Dolores y Gabriel, 2018), explicándose de la siguiente manera:

a) Los cauces de primer orden son los que no tienen tributarios.
b) Los cauces de segundo orden se forman en la unión de dos cauces de primer orden y, en general, los cauces de orden n se forman cuando dos cauces de orden n-1 se unen.

c) Cuando un cauce se une con un cauce de orden mayor, el canal resultante hacia aguas abajo retiene el mayor de los órdenes.
d) El orden de la cuenca es el mismo que el orden del cauce de salida.

Mapa 3 Orden de causes de la cuenca Lerma-Santiago.



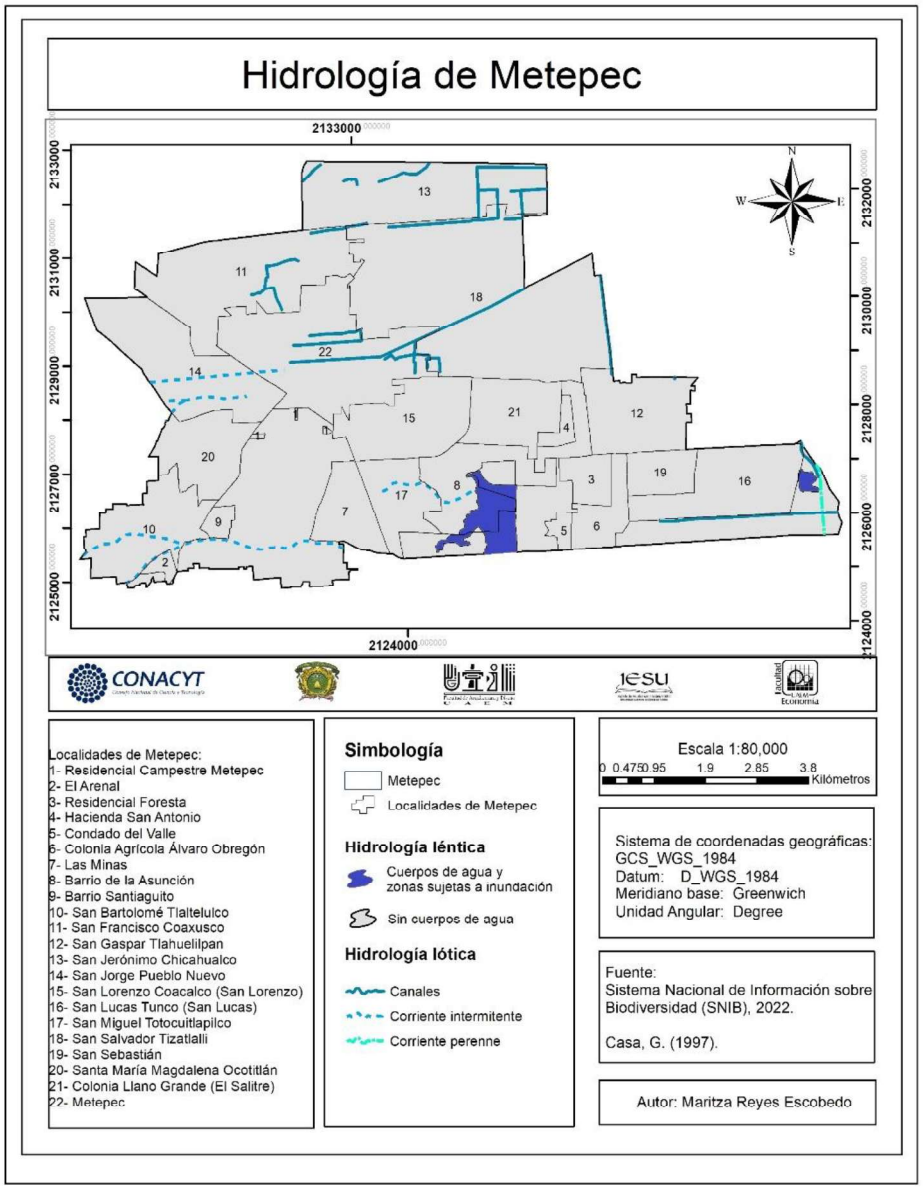
Fuente: Elaboración propia.

Siguiendo los criterios del Método de Strahler se establece que la Cuenca Lerma-Santiago es una cuenca de orden 2 (ver mapa 3). El dato se obtuvo a través de Sistemas de Información Geográfica mediante el geoalgoritmo “Strahler Order”.

Respecto a la información que se obtiene por el análisis de percepción remota, se observa que el área de estudio (municipio de Metepec) está alejada de los causes principales de la Cuenca Lerma-Santiago, por lo tanto, se explica la ausencia de cuerpos de agua relevantes dentro del municipio, es un factor poco favorable para el control de islas de calor utilizando cuerpos de agua naturales como son ríos principales.

Cuerpos de agua

Mapa 4 Hidrología de Metepec



Fuente: Elaboración propia.

Retomando los datos obtenidos a través del Método de Strahler, a pesar que Metepec no tiene cuerpos de agua importantes, información que se contrasta con aquella establecida en el Plan de Desarrollo Municipal (Gobierno de Metepec, 2022), donde se explica que existen cuerpos de agua como arroyos, hay corrientes subterráneas con

importantes veneros, mantos acuíferos y freáticos, que sirven para extracción de agua, además de seguir procesos de potabilización para consumo humano.

De acuerdo con la información obtenida de los Sistemas de Información Geográfica (ver mapa 4), se determinaron dos zonas con presencia de cuerpos de agua léntica (se refiere a aguas quietas como lagos y lagunas), donde se encuentran zonas sujetas a inundación, abarcando una parte del Barrio La Asunción.

Por otra parte, se determinaron cuerpos de agua lótica (se refiere a aguas que se mueven en la misma dirección, como ríos o arroyos), con corrientes de agua perennes (mismas que conducen agua todo el tiempo, a excepción en temporadas de sequía extrema) y corrientes de agua intermitentes (llevan agua la mayor parte del tiempo, sin embargo, el volumen de agua incrementa en temporada de lluvia), de igual forma se encontró la presencia de canales.

4.1.2. Climas

Temperatura

La temperatura es un elemento importante para determinar la clasificación Climática de Köppen, sin embargo, se proporciona un enfoque histórico para analizar el comportamiento de las temperaturas con el paso del tiempo en el municipio de Metepec durante el periodo 1990-2020 (ver Tabla 48, 49 y 50), de esta manera obtener datos que permitan mostrar si la temperatura mínima, máxima y media se han modificado de acuerdo con la dinámica de la sociedad y el territorio.

Tabla 48 Temperatura mínima

Temperatura mínima												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1990	0	1	0	3	4	7	7	8	7	5	2	0
2000	-5	-4	0	1	1	7	5	3	2	0	0	-3
2010	-4	-3	0	1	0	6	8	5	1	0	-6	-6
2020	-4	1	2	5	4	6	7	6	5	1	-1	-2

Fuente: Elaboración propia basado en Información de METEORED (1990, 2000, 2010 y 2020).

Tabla 49 Temperatura máxima

Temperatura máxima												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1990	22	24	25	27	28	27	24	23	24	23	24	23
2000	23	25	26	28	26	23	23	22	23	22	23	22
2010	23	23	25	26	29	26	22	24	23	24	23	22
2020	23	28	29	27	27	27	24	24	24	25	26	22

Fuente: Elaboración propia basado en Información de METEORED (1990, 2000, 2010 y 2020).

Tabla 50 Temperatura media.

Temperatura media												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1990	14	15	17	18	18	18	16	17	17	16	16	15
2000	9	11	13	15	14	14	13	13	14	12	11	9
2010	9	10	13	14	16	16	15	15	14	12	10	8
2020	10	13	15	16	15	16	15	15	14	13	12	10

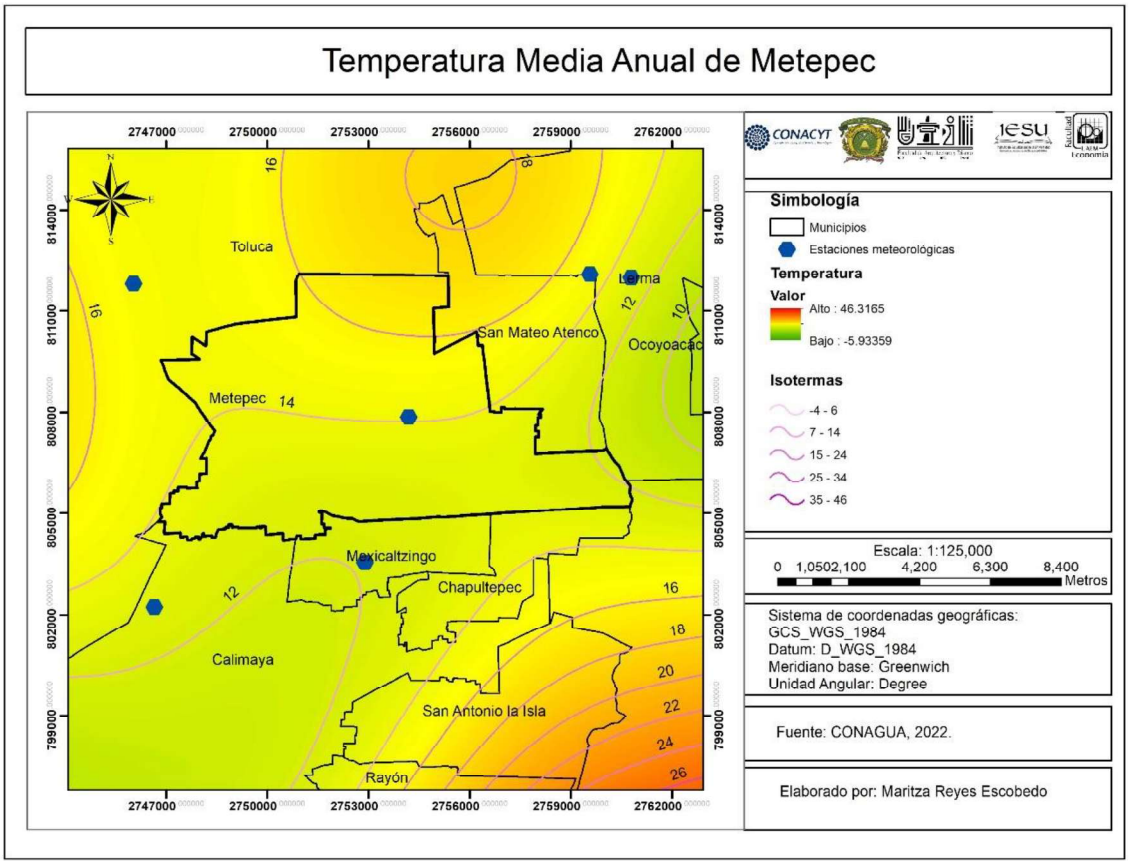
Fuente: Elaboración propia basado en Información de METEORED (1990, 2000, 2010 y 2020).

Las temperaturas analizadas abordan los años 1990, 2000, 2010 y 2020. En el caso de las temperaturas mínimas, en el año 2020 se registraron las alteraciones térmicas más relevantes, ya que, en los últimos 30 años, pese a la variación térmica, existen diferencias de hasta 4°C, haciendo hincapié en los meses más cálidos del año (abril, mayo, junio, julio, agosto y septiembre).

Por otra parte, los registros de temperatura máxima se han mantenido estables, sin embargo, en el año 2010 se tuvo el primer registro de temperatura elevada de 29°C como máximo en mayo (que es un mes cálido). Un dato preocupante señala que, en 2020, se tuvo el mismo registro de temperatura en marzo, mes perteneciente a la parte fría del año.

Para tener una representación gráfica respecto a las temperaturas del municipio de Metepec, se realizó el mapa de Temperatura Media Anual (ver Mapa 5), donde se plasman las isotermas. Para tener mayor precisión, se utilizaron los datos de varias estaciones meteorológicas abarcando los municipios de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca, apoyándose de las Normales Climatológicas por Estado (CONAGUA, 2019), recopilando datos de precipitación, temperatura mínima, media y máxima.

Mapa 5. Temperatura media anual de Metepec



Fuente: Elaboración propia.

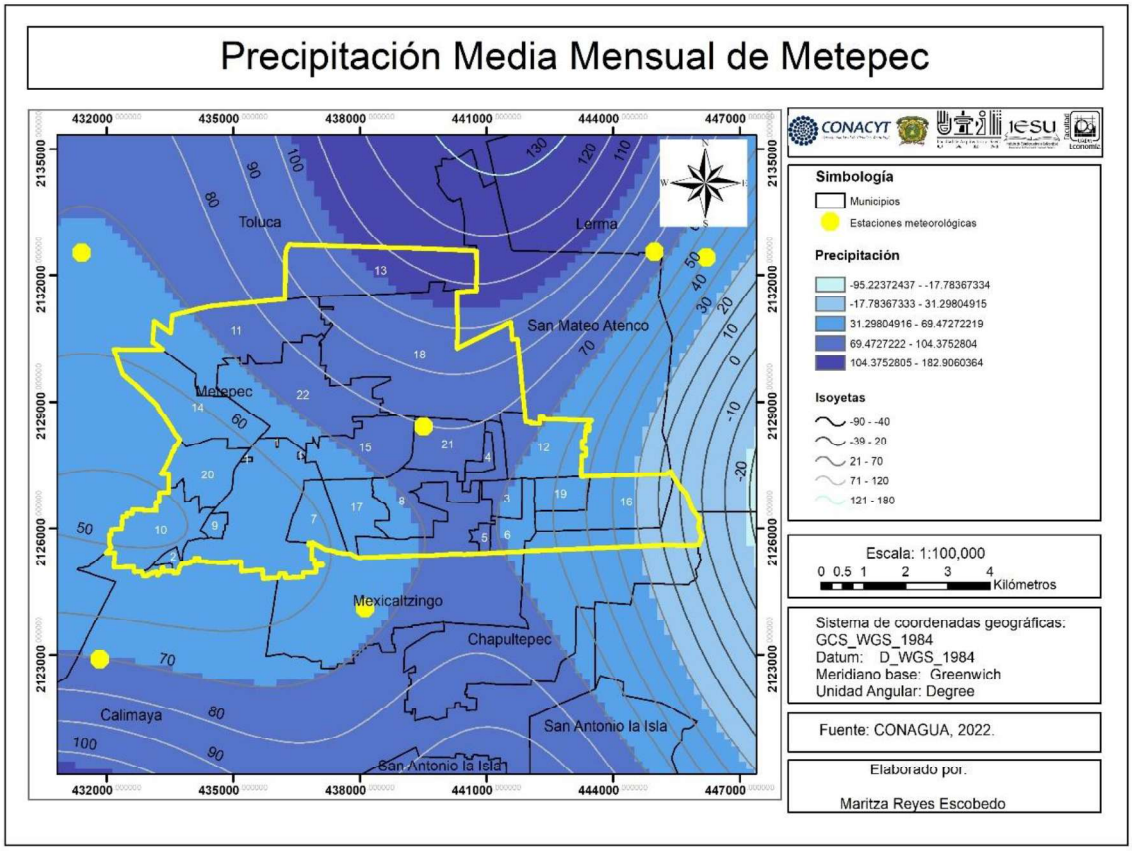
Precipitación

Tabla 51 Precipitación total mensual

Precipitación total mensual												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1990	8.7	11.2	18.5	51.7	149.8	140.4	137.7	184	92.2	157.6	6.7	20
2000	0	5	1.1	6.5	123.1	243.1	165.9	147.2	135.1	64.1	1	8.4
2010	34.2	92.2	0	N/A	N/A	0	272.8	159.6	117.6	2	7.4	0
2018	18.8	33.9	8.9	36.8	101.3	157.9	117.2	154.8	134.5	120.2	70.3	0

Fuente: Elaboración propia basado en información de CONAGUA (2019).

Mapa 6 Precipitación media mensual de Metepec



Fuente: Elaboración propia.

Realizar el análisis sobre precipitación es más complicado, ya que la base de datos de CONAGUA cuenta con datos incompletos sobre los registros en la precipitación del municipio de Metepec, por lo tanto, los datos sobre las variaciones de precipitación durante los últimos 30 años tendrán poca precisión. Por otra parte, se realizó el mapa de Isoyetas para determinar el nivel de precipitación media mensual en el área de estudio (ver Mapa 6), mismo que se encuentra dividido por localidades de Metepec.

Haciendo un contraste entre el mapa de Isoyetas (precipitación), y el mapa de cuerpos de agua, donde se muestra que el Barrio la Asunción se encuentra en una zona sujeta a inundación. Las Isoyetas señalan que es una de las zonas donde se concentran las precipitaciones abundantes, que oscilan entre 69.4 y 104.3 mm. Hay localidades que reciben cantidades similares de precipitación en la mayor superficie de su territorio, por

ejemplo:San Jerónimo Chicahualco, San Salvador Tizatlalli y Colonia Llano Grande (el Salitre).

Determinación del clima por clasificación de Köppen

Tabla 52 Clasificación climática de Köppen

Metepec													
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
TMM	9.7	11.1	12.8	14.5	15.5	15.7	14.7	14.8	14.8	13.6	11.6	10.5	13.27
PMM	9.9	13.4	12.5	33.4	79.7	145	177.4	170.6	139.6	54.6	19.5	7.6	71.93

Fuente: Elaboración propia basado en información de CONAGUA (2019) y Portal de Geoinformación, CONABIO, 2022.

La determinación meteorológica de Metepec de acuerdo con la clasificación climática de Köppen (García, 1964), cuyas características se determinaron a partir de los datos plasmados en la Tabla 52, muestra las características siguientes: **Cwb**

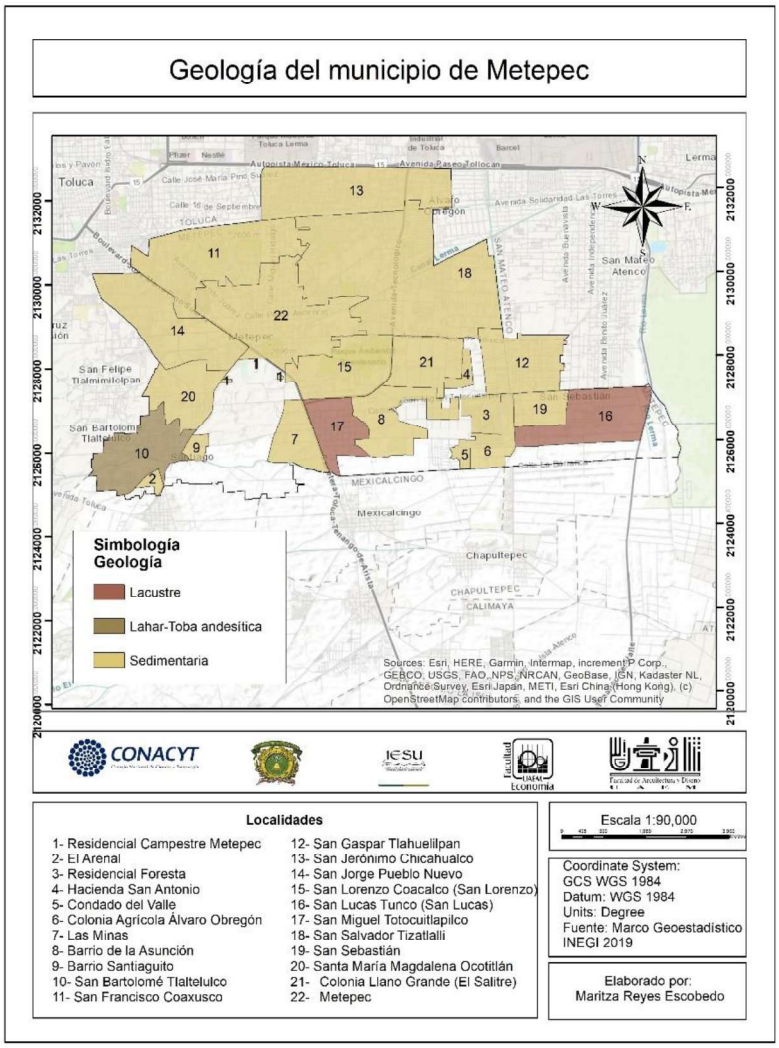
Zona climática (Köppen): **C** Temperatura Media Mensual con registros mayores a 18°C en el mes más cálido, y mayores a 0°C, por lo tanto, pertenece a una zona de clima templado lluvioso con vegetación mesoterma.

Régimen de lluvia de los climas C: **w** cuyas características expresan 10 veces más lluvia en el mes más húmedo de la mitad más caliente del año (abarca desde el mes de abril hasta septiembre), que en el mes más seco.

Régimen térmico de los climas C: **b** Temperatura media mensual de cuatro meses es superior a 10°C, la temperatura del mes más cálido es inferior a 22°C, las características del verano son templadas.

4.1.4. Geología

Mapa 7 Geología de Metepec



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 53 Geología de Metepec

Tipo de roca y su relación con la cobertura en el municipio		
Tipo de roca o material	**Área (km²)**	**Porcentaje de cobertura respecto al municipio**
Lacustre	4.64	6.87%
Lahar-Toba andesítica	2.78	4.11%
Sedimentaria	60.07	89.02%
Total	67.49	100%

Fuente: Elaboración propia basada en Atlas de Riesgos de Metepec, 2019 y Portal de Geoinformación, SNIB, 2022.

De acuerdo con la distribución del tipo de roca (ver Mapa 7) con relación al municipio de Metepec, se proporciona la descripción siguiente:

Lacustre (La): Ocupa parte del sur del Municipio en dos zonas, se encuentra distribuida en las localidades de San Lucas Tunco y el Llano de San Miguel Totocuitlapilco. Este tipo de roca se caracteriza por su baja capacidad de permeabilidad, por lo tanto, representa zonas susceptibles a inundación, lo cual es un condicionante para el crecimiento urbano (H. Ayuntamiento de Metepec, 2019).

Lahar-Toba andesitica (LTa): Se ubica al sur-poniente del Municipio, en la zona de San Bartolomé Tlaltelulco. Este tipo de suelo contiene rocas híbridas, cristales arenosos conglomeráticos e inserciones de basalto. Este tipo de suelo se utiliza en la industria de construcción como agregado para el concreto y la fabricación de tabique. En cuanto a su aprovechamiento para uso urbano, presenta una gran capacidad de carga para construcciones de alta densidad (H. Ayuntamiento de Metepec, 2019).

Sedimentaria: los datos disponibles en el Portal de Geo información (2022) no muestra descripciones concretas respecto al resto de los polígonos, por lo que su distribución es poco precisa. De acuerdo con el Atlas de Riesgos de Metepec (2019), el tipo de roca predominante es Aluvial (Al), roca de origen sedimentario, establece condicionantes para el desarrollo de actividades dentro de las zonas urbanas, especialmente si hay presencia de ríos o canales. La respuesta del suelo según la frecuencia oscilatoria determina que, ante un movimiento sísmico, representa riesgo medio para estas zonas, tiene baja resistencia a la compresión del suelo, situación que implica posibles daños a edificaciones (H. Ayuntamiento de Metepec, 2019).

4.1.5. Edafología

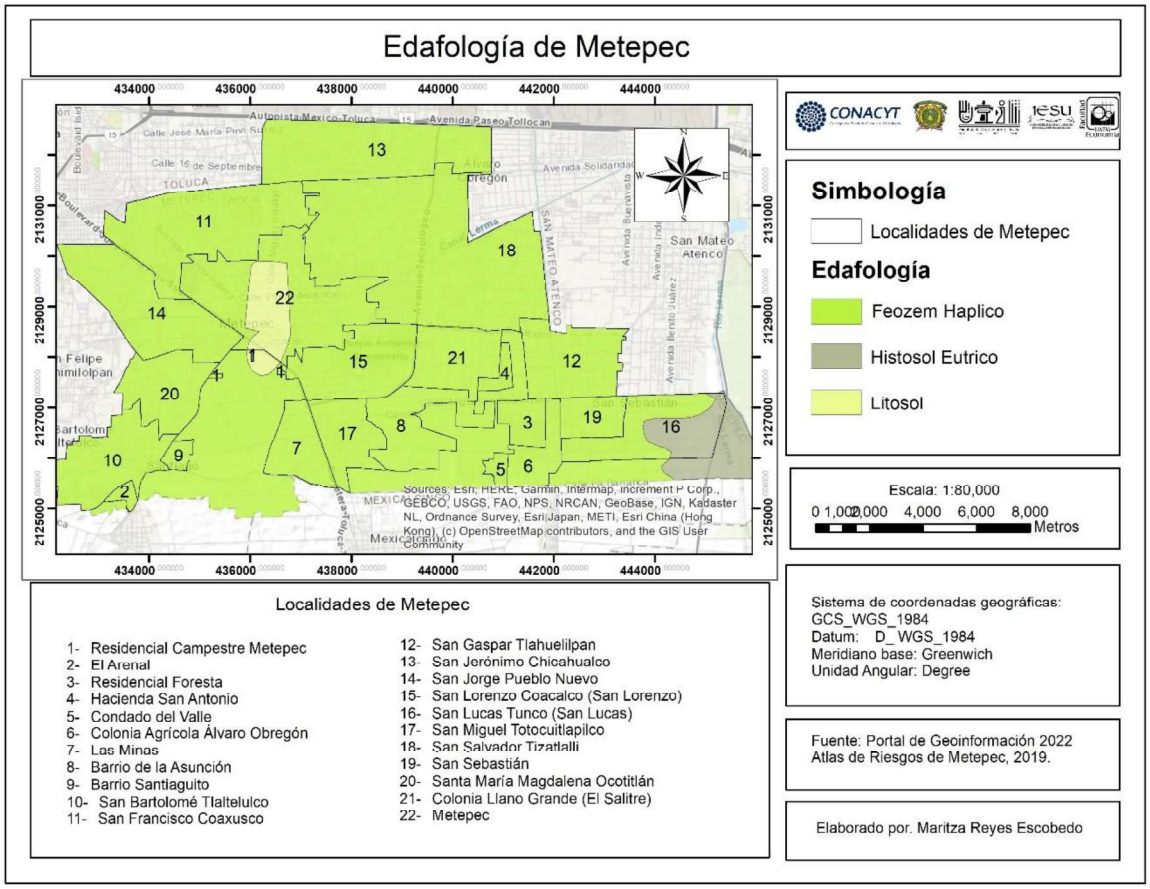
La distribución del tipo de suelo en Metepec (ver mapa 8) se describe bajo las características siguientes (ver Tabla 54), (H. Ayuntamiento de Metepec, 2019):

Feozem Haplico: aquellos que se encuentran a menor profundidad (situados en laderas municipales), se caracterizan por ser rocas con cimentación fuerte, tienen bajo rendimiento agrícola y se erosionan con facilidad.

Histosol Eutrico: se refieren a suelos de tejidos orgánicos, con alto contenido de materia orgánica (más del 20% en peso), generalmente de color negro, esponjosos, ligeros y con alta capacidad de retención de humedad. En Metepec, se conforman en las zonas inundables, se han restringido a sitios donde se acumulan desechos orgánicos y agua, tales como pantanos y lechos de antiguos lagos. Frecuentemente tienen olor a podrido y una importante acumulación de salitre.

Litosol: son suelos muy delgados, pedregosos y poco desarrollados con poca retención de humedad, pueden contener una gran cantidad de material calcáreo (SEMARNAT, s.f.). Su potencial agrícola está limitado por su poca profundidad y alta pedregosidad, lo que los hace difíciles de trabajar, por lo que es preferible mantenerlos con la vegetación

Mapa 8 Edafología de Metepec



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 54 Edafología de Metepec

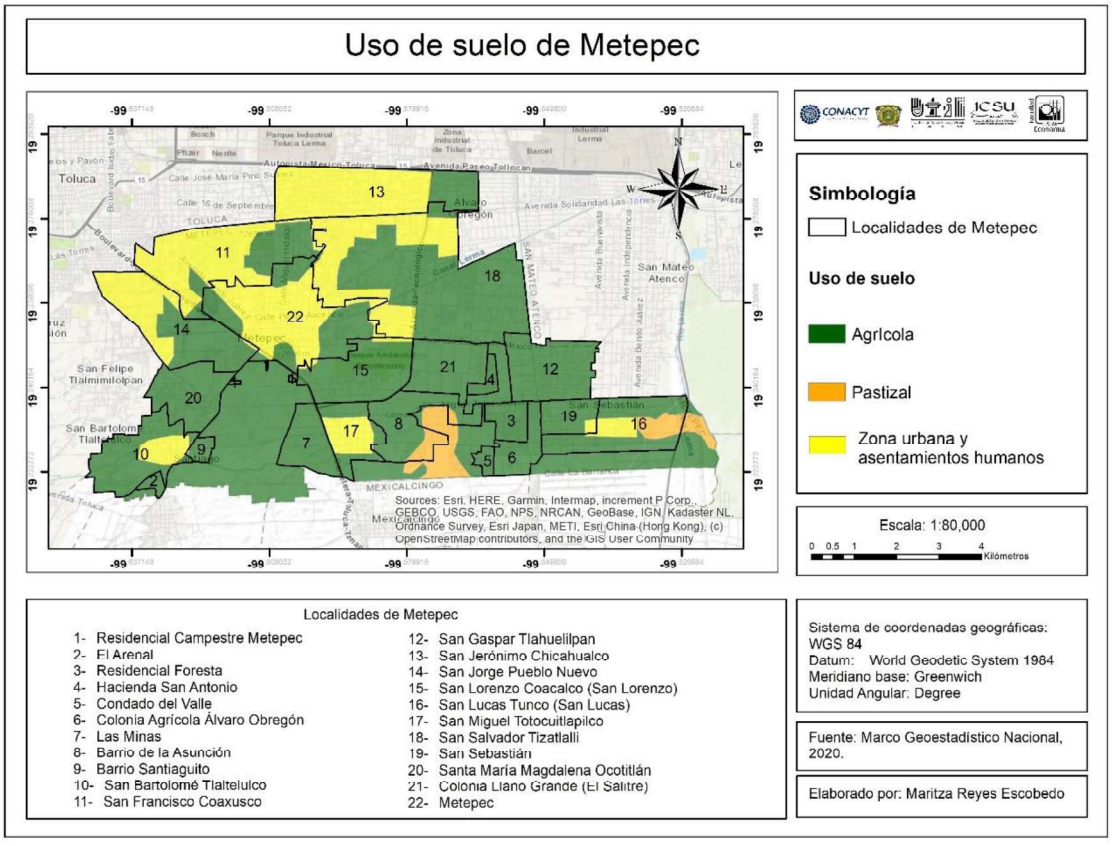
Tipo de suelo y su relación con la cobertura del municipio		
Tipo de suelo o material	**Área (km²)**	**Porcentaje de cobertura respecto al municipio**
Feozem Haplico	63.29	93.77%
Histosol Eutrico	2.54	3.76%
Litosol	1.66	2.47%
Total	67.49	100%

Fuente: Elaboración propia basada en Atlas de Riesgos de Metepec, 2019 y Portal de Geoinformación, SNIB, 2022.

4.1.6. Uso de suelo

La superficie predominante en el uso de suelo corresponde al uso agrícola (ver Mapa 9), y descrita en la Tabla 55, es de tipo temporal y humedad, sin erosión apreciable, la agricultura implementada se cultiva anualmente (INEGI, 2021). Posteriormente se encuentran las zonas urbanas y asentamientos humanos, se concentran en la zona norte del municipio. Por último, el uso de suelo correspondiente pastizales de tipo inducido, sin erosión apreciable, con características de pastizal-pradera-sabana.

Mapa 9 Uso de suelo de Metepec



Fuente: Elaboración propia

Tabla 55 Uso de suelo de Metepec.

Uso de suelo y su relación con la cobertura del municipio		
Uso de suelo	**Área (km^2)**	**Porcentaje de cobertura respecto al municipio**
Agrícola	46.34	68.66%
Zona urbana y asentamientos humanos	18.57	27.51%
Pastizal	2.58	3.83%
Total	67.49	100%

Fuente: Elaboración propia basada en el Marco Geoestadístico Nacional 2021.

4.1.7. Flora y fauna

La vegetación predominante es la denominada acuática ropería o de ribera, constituida por árboles, hierbas y arbustos. La variedad de árboles está constituida por pino (Pinus montezumae), sauce llorón (Salix babilónica), cedro (Cupressus lindleyi), trueno y fresno. Respecto a los árboles frutales, suelen cultivarse en las casas o crecen de forma silvestre, las especies presentes en el municipio de Metepec son: tejocote, chabacano, capulín, manzana, durazno, ciruelo, higo, mora, membrillo y nogal.

Por otra parte, existen plantas medicinales tales como: manzanilla, yerbabuena, gordolobo, iztafiate, cedrón, árnica, ruda, ajenjo, malva, epazote de perro, eucalipto, diente de león, entre otras. En el cultivo de plantas de ornato se encuentran el Crisantemo, rosa, palma, helecho, dalia, clavel, bugambilia, pensamiento, margarita, margaritón, alcatraz, malvón, geranio, violeta, heliotropo, también, pese a su notoria disminución, se encuentra presente la producción de cactáceas como el maguey y el nopal (H. Ayuntamiento de Metepec, 2019).

La fauna está constituida por la ardilla, hurón, cacomiztle, tuza, camaleón, nuco, víbora de cascabel, tlacuache, zorrillo, topo, liebre, tórtola, zopilote, búho, murciélago, ratón de campo, lagartija. Las aves que todavía se encuentran presentes en el municipio son el gorrión, calandria, paloma y pato. Finalmente, los peces que aún están presentes en los ecosistemas de Metepec, son el charal y la carpa (H. Ayuntamiento de Metepec, 2019).

4.2. Caracterización demográfica

Esta caracterización se realiza con el objetivo de determinar el indicador que muestre la estructura poblacional, su evolución y ubicación en el territorio nacional (INEGI, 2020), de esta manera se determina el nivel de exigencia para satisfacer las necesidades de la población, analizar el crecimiento de la mancha urbana, además de la distribución demográfica en las localidades de Metepec.

4.2.1. Organización territorial

El municipio de Metepec ha atravesado por una serie de cambios territoriales a través de los años, en consecuencia, se han formado diversos asentamientos humanos (ver Tabla 56), cuya organización territorial se describe de la siguiente forma:

Cabecera municipal: Localidad donde radica la autoridad municipal, es decir, las personas que fueron elegidas para gobernar determinado municipio (INEGI, s.a.).

Barrio: Parte de una población, relativamente grande, contiene agrupaciones sociales con características particulares en común (físicas, sociales, económicas, étnicas).

Pueblo: Población pequeña cuyos habitantes se dedican principalmente a desempañar actividades relacionadas con el sector primario.

Colonia agrícola: Población de nueva creación establecida para hacer productivos terrenos baldíos (RAE, 2023).

Colonia urbana: asentamiento local de talla menor que una ciudad, pero más grande que un pueblo, cuenta con aproximadamente tres mil habitantes, quienes desempeñan actividades económicas no agrícolas.

Fraccionamiento: conjunto de manzanas y lotes cuya traza o planeación tiene como objetivo cumplir con funciones de un centro poblacional o industrial.

Condominio: Conjunto de propiedades que pertenece a un individuo.

Conjunto urbano: es la modalidad que se adopta en la ejecución del desarrollo urbano, tiene por objeto estructurar o reordenar, como una unidad espacial integral, el trazo de la infraestructura vial, la división del suelo, las normas de usos, aprovechamientos y destinos del suelo, las obras de infraestructura, la urbanización y equipamiento urbano, la ubicación de edificios y la imagen urbana de un predio ubicado en áreas urbanas o urbanizables (Gobierno del Estado de México, 2021).

Unidades habitacionales: Espacio territorial donde se asientan un conjunto de viviendas que gozan de bienes y servicios, producto de una prestación social (Bidiss, 2015).

Tabla 56 Organización territorial de Metepec

Organización territorial de Metepec	
Subdivisión	Unidades
Cabecera Municipal	1
Barrios	6
Pueblos	11
Colonias Agrícolas	4
Colonias Urbanas	13
Fraccionamientos	27
Condominios	387
Conjuntos Urbanos	9
Unidades Habitacionales	8

Fuente: Gobierno de Metepec, 2022, p. 58.

4.2.2. Descripción y estructura de la población

Densidad poblacional

Es un indicador que permite conocer cuánta población habita en una zona territorial, de esta manera determinar si la población se encuentra dispersa o concentrada en determinados puntos, respecto al territorio que habitan (INE, s.a.). Se realizó la caracterización de la densidad poblacional de Metepec, para analizar la dinámica de crecimiento experimentada en el municipio durante la última década (ver Tabla 57).

Tabla 57 Densidad de población en Metepec 2010-2020

Densidad de población en Metepec 2010-2020			
Año	**Población**	**Superficie (km^2)**	**Densidad de población (habitantes por km^2)**

2010	214,162	67.49	3,173
2020	242,307	67.49	3,590

Fuente: Elaboración propia con información del Censo de Población y Vivienda (2010); Censo de Población y Vivienda (2020).

Crecimiento histórico

El crecimiento histórico de la población muestra la evolución de la población mundial, de esta manera determinar el impacto que tendrá en aspectos sociales, medioambientales y económicos. El periodo analizado parte del año 1990-2020 en el municipio de Metepec, de igual manera, se expresa el porcentaje de población que representa en contraste con la población total a nivel estatal (ver Tabla 58).

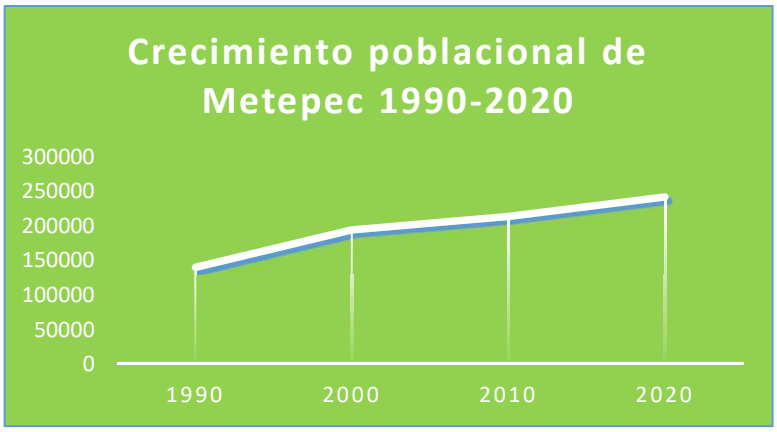
Tabla 58 Población del municipio de Metepec 1990-2020.

Población del municipio de Metepec 1990-2020					
Año	**Población total**	**Hombres**	**Mujeres**	**Porcentaje respecto al Estado**	
				Pob. Total.	**%**
1990	140,268	68,257	72,011	9,815,795	1.43%
2000	194,463	94,012	100,451	13,096,686	1.48%
2010	214,162	103,059	111,103	15,175,862	1.41%
2020	242,307	115,997	126,310	16,992,418	1.43%

Fuente: Elaboración con base en XI Censo INEGI (1990); XII Censo INEGI, (2000); Censo de Población y Vivienda (2010); Censo de Población y Vivienda (2020).

En el Gráfico 1 se muestra el crecimiento tendencial de la población en Metepec, plasma el crecimiento de la población, significa que la concentración demográfica en determinados puntos del territorio va en crecimiento, trayendo consigo una serie de modificaciones al entorno, desempeño de nuevas actividades económicas, además de mayor número de habitantes que exige abastecimiento de bienes y servicios.

Gráfico 1 Crecimiento poblacional de Metepec 1990-2020



Fuente: Elaboración con base en XI Censo INEGI (1990); XII Censo INEGI, (2000); Censo de Población y Vivienda (2010); Censo de Población y Vivienda (2020).

Proyecciones de población 2020-2030.

Tabla 59 Proyecciones de población 2020-2030.

Año	Población total	Hombres	Mujeres	Niños (0-9 años)	Adultos mayores (60 años y más
2021	248,200	120,373	127,827	33,271	32,243
2022	250,361	121,425	128,936	32,998	33,792
2023	252,571	122,493	130,078	32,735	35,356
2030	270,207	130,713	139,494	31,430	46,427

Fuente: Elaboración propia basada en COESPO, 2019.

Se tomaron en cuenta las proyecciones de población desde 2021 (fecha en la que inicia el proyecto sobre investigación de las islas de calor), donde se toma en consideración la población total en el municipio, la división entre hombres y mujeres. Por otra parte, se analiza la proyección en cuanto al crecimiento poblacional de niños y adultos mayores, población vulnerable ante los efectos adversos de la contaminación atmosférica, entre ellos fenómenos como las islas de calor urbano. De acuerdo con la Tabla 59, las proyecciones muestran que la población infantil va en descenso, mientras que la población de alumnos mayores tendrá un crecimiento representativo.

4.2.3. Centros de población

Grado de urbanización

Tabla 60 Porcentaje del grado de urbanización de Metepec 2010-2020

Porcentaje del grado de urbanización de Metepec 2010-2020		
	Año	
	2010	2020
Población total de Metepec	216,406	242,307
Población total de la Cabecera Municipal	28,205	30,203
Grado de urbanización	13.03%	12.46%

Fuente: Boletín de estadísticas vitales 2010 y 2020. IGECEM, 2020.

De acuerdo con el grado de urbanización de Metepec durante la última década, cuyos datos muestran que este indicador se redujo (ver Tabla 60), esto no quiere decir que haya disminuido la mancha urbana, sino que el municipio pasó por un proceso de segregación, donde se establecieron nuevas localidades, por lo tanto, este indicador muestra que la Cabecera municipal se descentralizó, concentrando a la población en nuevos asentamientos humanos.

Localidades de Metepec

La Tabla 61 muestra el avance y modificaciones que ha atravesado el municipio de Metepec, desde la creación de nuevas localidades, hasta la desaparición de otros centros poblacionales, o su cambio de nombre. El análisis realizado abarca desde los años 1990 hasta el 2020, describiendo el número de habitantes, además del porcentaje que abarca cada localidad en cuanto a la totalidad del municipio.

Tabla 61 Histórico de las localidades de Metepec

Histórico de las localidades de Metepec								
Nombre de la localidad	1990		2000		2010		2020	
	Pob.	%	Pob.	%	Pob.	%	Pob.	%
Residencial Campestre Metepec	N/A	N/A	231	0.12	448	0.21	476	0.20
El Arenal	N/A	N/A	N/A	N/A	121	0.06	158	0.07
Residencial Foresta	N/A	N/A	N/A	N/A	358	0.17	3832	1.58

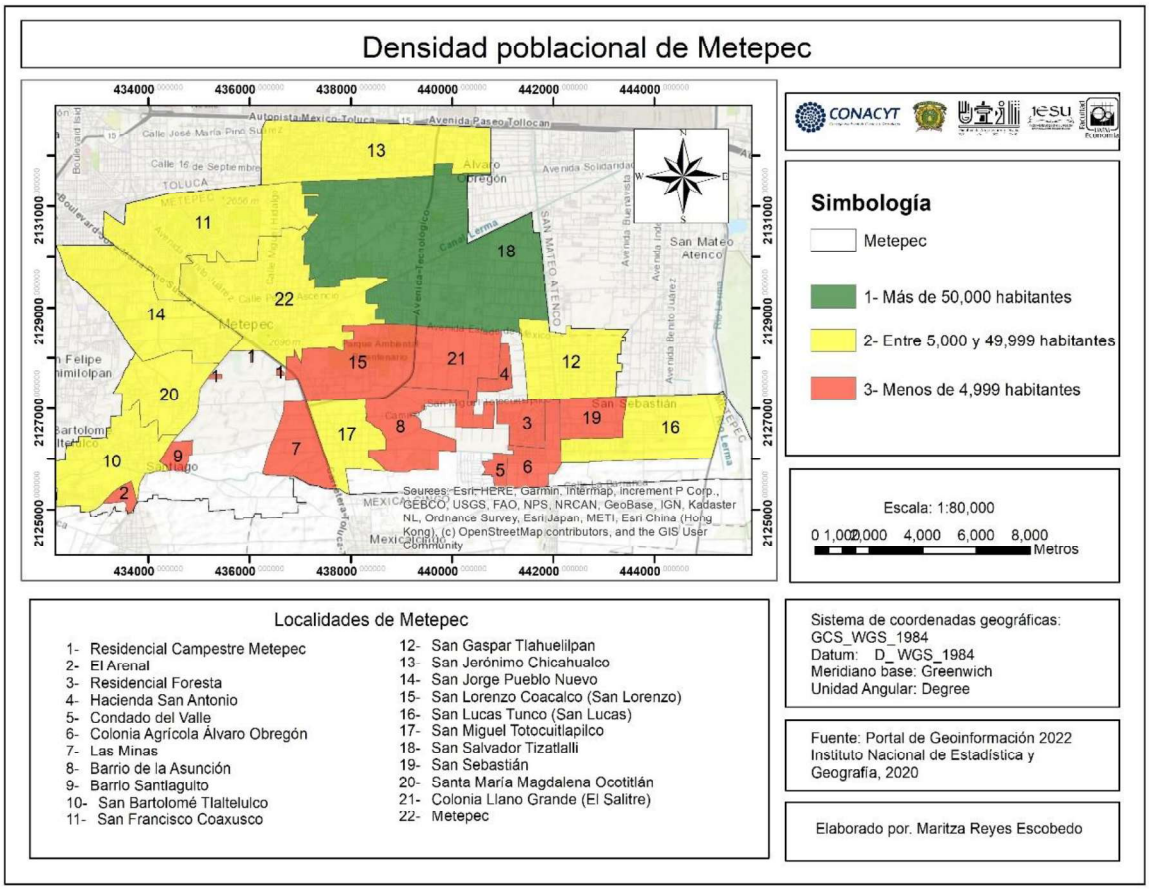
Hacienda San Antonio	23	0.02	659	0.34	N/A	N/A	309	0.13
Condado del Valle	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	625	0.26
Colonia Agrícola Álvaro Obregón	723	0.52	1134	0.58	1922	0.90	2318	0.96
Las Minas	N/A	N/A	N/A	N/A	174	0.08	330	0.14
Barrio de la Asunción	N/A	N/A	N/A	N/A	725	0.34	1044	0.43
Barrio Santiaguito	N/A	N/A	380	0.20	624	0.29	1308	0.54
San Bartolomé Tlaltelulco	5021	3.58	6607	3.40	11141	5.20	12783	5.28
San Francisco Coaxusco	6	0.004	N/A	N/A	24900	11.63	24310	10.03
San Gaspar Tlahuelilpan	4414	3.15	6094	3.13	8456	3.95	11001	4.54
San Jerónimo Chicahualco	N/A	N/A	N/A	N/A	26281	12.27	29060	11.99
San Jorge Pueblo Nuevo	N/A	N/A	N/A	N/A	23107	10.79	23285	9.61
San Lorenzo Coacalco (San Lorenzo)	1820	1.30	2676	1.38	3722	1.74	4685	1.93
San Lucas Tunco (San Lucas)	2202	1.57	2794	1.44	4382	2.05	6129	2.53
San Miguel Totocuitlapilco	4969	3.54	7710	3.96	8207	3.83	9150	3.78
San Salvador Tizatlalli	N/A	N/A	N/A	N/A	61367	28.65	70013	28.89
San Sebastián	1772	1.26	2846	1.46	2017	0.94	2345	0.97
Santa María Magdalena Ocotitlán	3069	2.19	4312	2.22	6547	3.06	7558	3.12
Colonia Llano Grande (El Salitre)	N/A	N/A	64	0.03	823	0.38	1194	0.49
Metepec	116203	82.84	158693	81.61	28205	13.17	30203	12.46
Otros								
El Carmen	39	0.03	64	0.03	6	0.003	191	0.08
Los Jardón	2	0.001	80	0.04	N/A	N/A	N/A	N/A

Localidades con 1 o 2 viviendas	36	0.03	N/A	N/A	6	0.003	N/A	N/A
San José Buenavista	5	0.004	109	0.06	N/A	N/A	N/A	N/A
Rancho San Antonio	N/A	N/A	659	0.34	N/A	N/A	N/A	N/A
Rancho San Isidro	N/A	N/A	72	0.04	N/A	N/A	N/A	N/A
San Lucas	N/A	N/A	N/A	N/A	629	0.29	N/A	N/A
Total	140268	100%	194463	100%	214162	100%	242307	100%

Fuente: XI Censo INEGI (1990); XII Censo INEGI, (2000); Censo de Población y Vivienda (2010); Censo de Población y Vivienda (2020).

Población total

Mapa 10 Densidad poblacional de Metepec



Fuente: Elaboración propia.

Una vez descritos los avances y modificaciones en cuanto a las localidades de Metepec, se retomaron los datos registrados en INEGI (2020) a partir del último censo, para determinar la densidad poblacional, donde se plasma de manera gráfica la concentración de población en determinadas localidades. De acuerdo con el Mapa 10, las localidades marcadas en color verde tienen mayor concentración de población, con más de 50,000 habitantes. Las localidades marcadas en color amarillo, tiene un total de 5,000-49,999 habitantes, es decir, una concentración poblacional media. Finalmente, las localidades marcadas en color rojo tienen menos de 4,999 habitantes, esto quiere decir que son las localidades menos habitadas.

Localidades de la cuenca por municipio

De acuerdo con el sistema de localidades de Metepec, la cabecera municipal de Metepec (Metepec), funge como centro concentrador de servicios a nivel municipal y metropolitano, mismo que impulsa las políticas a implementar. Las localidades de segundo orden, fungen como centro concentrador de servicios urbanos, cuya función principal a nivel municipal es controlar las políticas a implementar. Las localidades de tercer orden, fungen como centro concentrador de servicios rurales cuyas funciones se enfocan en consolidar y controlar (función correspondiente a San Lucas Tunco) las políticas a implementar (ver Tabla 62).

Tabla 62 Localidades de la cuenca por municipio

Sistema de localidades de Metepec 2022		
Lugar centro	**Lugares de segundo orden**	**Lugares de tercer orden**
Cabecera Municipal	San Francisco Coaxusco	San Bartolomé Tlaltelulco
		Santa Ma. Magdalena Ocotitlán
	San Jerónimo Chicahualco	San Lorenzo Coacalco
		San Miguel Totocuitlapilco
	San Salvador Tizatlali.	San Gaspar Tlalhuelilpan
		San Sebastián

Fuente: Gobierno de Metepec, 2022.

4.3. Caracterización socioeconómica

4.3.1. Población Económicamente Activa y No Económicamente Activa

Se entiende como Población Económicamente Activa (PEA) a la oferta de mano de obra en el mercado de trabajo, se constituye por el conjunto de personas con la edad mínima establecida para ofrecer la disponibilidad de su mano de obra para producir bienes y servicios durante un periodo determinado (INEI, 2017).

Por otra parte, la población No Económicamente Activa (PNEA) se refiere al grupo de personas en edad de trabajar, sin embargo, no participan en el mercado laboral, ya que no realizan ninguna actividad económica ni están buscando hacerlo. Este sector poblacional se conforma por estudiantes, jubilados, pensionistas, rentistas, personas dedicadas a los quehaceres del hogar, ancianos, etc. (INEI, 2017).

La distribución de la PEA y PNEA de Metepec, fue analizada durante el periodo 1990-2020, para determinar la dinámica poblacional y las modificaciones que ha atravesado el municipio respecto a la población demandante de ofertas de trabajo (ver Tabla 63).

Tabla 63 PEA y PNEA de Metepec.

PEA y PNEA de Metepec							
Año	**Población total**	**PEA**		**PNEA**		**N/A**	
		Absoluto	Porcentaje	Absoluto	Porcentaje	Absoluto	Porcentaje
1990	140,268	44,198	31.51%	52,188	37.21%	43,882	31.28%
2000	194,463	73,905	38%	66,991	34.45%	53,567	27.55%
2010	214,162	91,700	42.82%	74,788	34.92%	47,674	22.26%
2020	242,307	124,411	51.34%	78,277	32.30%	39,619	16.35%

Fuente: Elaboración con base en XI Censo INEGI (1990); XII Censo INEGI, (2000); Censo de Población y Vivienda (2010); Censo de Población y Vivienda (2020).

4.3.2. Población Ocupada por sector de actividad

Las actividades económicas se dividen en tres sectores: primario, secundario y terciario (INEGI, s.f.), cuya descripción se define de la siguiente manera:

Actividades primarias: la característica general de este sector se enfoca en la explotación de recursos naturales, mismas que pueden ser agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza. Estas actividades aprovechan los recursos de la naturaleza que no han sufrido una transformación previa.

Actividades secundarias: Se enfoca en la transformación de bienes, minería, generación y distribución de energía eléctrica, construcción e industrias manufactureras. Los insumos de este grupo de actividades pueden provenir de actividades primarias, o de este mismo grupo, cuyos productos se destinan a todos los sectores.

Actividades terciarias: se enfoca en la distribución de bienes, operaciones con información en medios masivos, operaciones con activos (seguros y servicios inmobiliarios), servicios cuyo principal insumo es el conocimiento o la experiencia personal, así como servicios gubernamentales.

En 2005, la población total fue de 206,005 habitantes, y la Población Económicamente Activa de 73,905 habitantes, que constituyó el 35.87% de la población total del municipio (ver Tabla 64).

Tabla 64 Población ocupada en Metepec 2005-2020

Población ocupada en Metepec 2005-2020					
Año	PEA	Sector I	Sector II	Sector III	No especificado
2005	73,905	1,288	21,581	46,683	4,353
2020	131,538	1,527	29,573	93,908	543

Fuente: Elaboración propia basada en IGECEM, 2005-2020.

Los resultados se muestran desde el año 2005, debido a que es el año donde inicia la disponibilidad de los datos. Para el año 2020, la población total de Metepec fue de 242,307 habitantes, y la Población Económicamente Activa era de131,538 habitantes, porcentaje que constituyó el 54.28% de la población total.

La evolución de las actividades económicas por sector representa las siguientes estadísticas: el sector primario se ha encontrado estable, con mínimas modificaciones en cuanto a la población que desempeña actividades relacionadas con la pesca, agricultura o ganadería. El sector secundario ha tenido modificaciones medias

relacionadas con el desempeño de actividades relacionadas con la industria. Por otra parte, el sector secundario, que se relaciona con servicios o productos intangibles basados en el conocimiento tuvo mayor auge, casi duplicado las cifras registradas en 2005.

Población ocupada por actividad económica en Metepec 1990-2020.

Tabla 65 Población ocupada por actividad económica en Metepec 2005-2020.

Población ocupada por actividad económica en Metepec 2005-2020.		
Actividad económica	**2005**	**2020**
Agricultura, ganadería, silvicultura, aprovechamiento forestal, pesca y caza.	1,288	1,527
Industria manufacturera	21,581	29,573
Servicios	46,683	93,908
Servicios educativos	4,137	5,447
Servicios de salud y de asistencia social	1,112	2,671

Fuente: Elaboración propia basada en IGECEM, 2005-2020.

De acuerdo con la Tabla 65, la evolución del desempeño de diversas actividades económicas se desempeña principalmente en la industria manufacturera y servicios, seguido por la actividad relacionada con servicios educativos, salud y asistencia social. El sector que ha decaído es aquel relacionado con la agricultura, ganadería (entre otras actividades relacionadas con la explotación de recursos naturales).

4.3.3. Ingreso

Se expresa que la gestión financiera constituye un componente que influye en el proceso de desarrollo, se concibe como un proceso para crear mejor calidad de vida mediante la expansión de un complejo conjunto de condiciones en las que se vinculan variables ambientales, económicas, sociales, culturales y de políticas públicas.

Los gastos realizados en aspectos como la educación, comunicaciones, desarrollo urbano y equipamiento en colonias y comunidades (ver Tabla 66), tienen como objetivo proporcionar los medios adecuados para el pleno desarrollo del sector de actividad en que se realizan, y no necesariamente una prosperidad económica momentánea o a corto plazo (Gobierno de Metepec, 2022).

Tabla 66 Evaluación de Ingresos del Municipio de Metepec

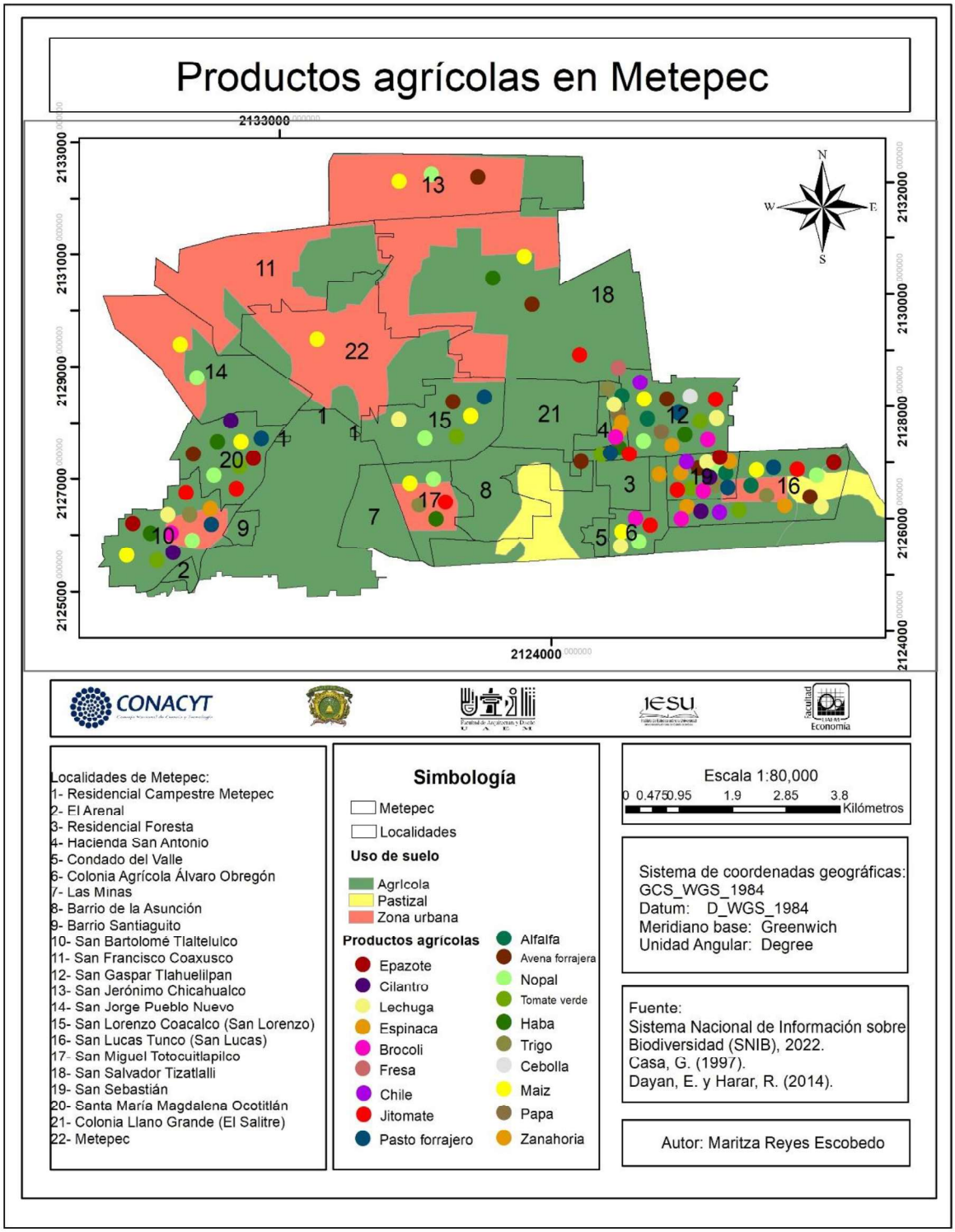
Evaluación de Ingresos del Municipio de Metepec				
Ejercicio fiscal				
Concepto	**2018**		**2021**	
	(miles de $)	%	(miles de $)	%
Total de ingresos	$ 1,609,703	100	$ 1,662,623	100
Ingresos de gestión	$ 667,484	41.5	$ 625,912	37.6
Impuestos	$ 459,836	28.6	$ 507,085	30.5
Derechos	$ 88,699	5.5	$ 106,779	6.4
Productos	$ 2,885	0.2	$ 1,825	0.1
Aprovechamientos	$ 116,064	7.2	$ 10,224	0.6
Participaciones, Aportaciones, Convenidos y Subsidios	$ 935,291	58.1	$ 868,602	52.2
Otros ingresos y beneficios	$ 6,927	0.4	$ 168,109	10.1
Ingresos financieros	$ 6,847	0.4	$ 4,727	0.3
Otros ingresos y beneficios	$ 85	0.0005	$ 161,381	9.7

Fuente: Gobierno de Metepec, 2022, p. 581.

La gestión financiera constituye un componente que influye en el proceso de desarrollo, concebido como un proceso para crear un estilo de vida mejor expandiendo las condiciones donde se vinculan variables ambientales, económicas, sociales, culturales y de políticas públicas. La ejecución de la política tributaria como instrumento de regulación de la vida económica, es compleja en el proceso de desarrollo.

4.3.4. Producción económica

Mapa 11 Productos agrícolas en Metepec



Fuente: Elaboración propia.

La producción agrícola se refiere a aquellos productos que son sembrados y cosechados en las parcelas del municipio de Metepec, cuya distribución se encuentra plasmada de manera gráfica en el Mapa 11, basado en información de Dayan y Harari (2014).

Las localidades con mayor producción agrícola son San Gaspar Tlahuelilpan, San Lucas Tunco, San Sebastián, San Bartolomé Tlalteluco y Santa María Magdalena Ocotitlán. La descripción de los productos agrícolas, se desglosa de la siguiente manera: maíz (blanco, amarillo, negro y cacahuazintle), papa, zanahoria, cebolla, trigo, haba, tomate verde, nopal, avena forrajera, alfalfa, pasto forrajero, jitomate, chile (manzano, poblano, guajillo, pasilla y pimiento), fresa, brócoli, espinaca, lechuga, cilantro, epazote y manzanilla.

4.4. Medio físico artificial

4.4.1. Equipamiento urbano

a) Equipamiento de educación

Los centros de educación tienen alto impacto a nivel territorial, ya que representan la base de progreso dentro y desarrollo tanto de las personas como de la sociedad, gracias al progreso del conocimiento (ver Tabla 67). En el municipio de Metepec, las instituciones educativas presentes brindan servicio público o privado en los subsistemas estatal y federal (Gobierno de Metepec, 2022).

Tabla 67 Equipamiento de educación

Educación	Institución pública	Institución privada
Básica	130	143
Media superior	15	24
Superior	2	11
Para adultos	21	0
Total	168 escuelas	178 escuelas

Fuente: Gobierno de Metepec, (2022).

b) Equipamiento de salud

El equipamiento necesario para brindar servicios relacionados con la salud, como asistencia social, consulta externa, de apoyo y unidades de hospitalización, cuyas unidades deben estar equipadas adecuadamente con los instrumentos necesarios requeridos, así como la distribución en el territorio para reducir las brechas de atención a la población, caso particular: los grupos vulnerables (Gobierno de Metepec, 2022).

En Metepec hay un total de 16 unidades médicas, distribuidas de la siguiente manera:

a) 8 del Instituto de Salud del Estado de México (ISEM)
b) 1 del Sistema para el Desarrollo Integral de la Familia del Estado de México (DIFEM)
c) 3 del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS)
d) 2 del Instituto de Seguridad Social de Trabajadores del Estado (ISSSTE)
e) 2 del Instituto de Seguridad Social del Estado y Municipios (ISSEMYM).

c) Equipamiento de cultura

Metepec es un municipio distinguido por su riqueza cultural, especialmente porque en 2012 fue declarado como Pueblo Mágico, además que ha mantenido sus tradiciones, tiene reconocimiento internacional por sus artesanías, ferias, festividades religiosas, el Festival Internacional de Arte y Cultura, Quimera. Es por ello que Metepec reconoce la importancia de incluir espacios culturales dentro del territorio, cuya distribución se describe de la siguiente forma:

a) 1 museo local
b) 5 casas de cultura
c) 1 teatro
d) 3 auditorios municipales
e) 17 bibliotecas

d) Equipamiento deportivo

Los espacios para desempeñar actividades deportivas presentes en Metepec, que pueden ser de carácter particular o privado (ver Tabla 68).

Tabla 68 Equipamiento deportivo de Metepec.

Equipamiento deportivo de Metepec		
Espacio deportivo	Cantidad	Tipo de instalaciones
Campo de futbol	34	Pública
Canchas de baloncesto	41	Pública
Canchas de Voleibol	3	Pública
Canchas de frontón	5	Pública
Canchas de futbol rápido reglamentario	3	Pública
Campo de futbol rápido de cemento	7	Pública
Canchas de futbol	7	Pública
Club social y deportivo	5	Privada
Escuelas de natación	2	Privada
Escuelas de futbol	4	Privada
Canchas de frontón o squash	7	Privada
Canchas de futbol rápido	1	Privada
Campo de béisbol	1	Privada
Total	147	

Fuente: Gobierno de Metepec, 2022, p. 312.

e) Equipamiento de recreación

Metepec cuenta con 5 espacios claves de esparcimiento, correspondiente a las casas de cultura y el museo del barro. En estos sitios se ofrecen diversas actividades recreativas y deportivas, haciendo referencia a la amplia infraestructura instalada para ferias, actividades culturales populares y exposiciones artesanales (Gobierno de Metepec, 2022).

f) Equipamiento de abasto

Se refiere a sitios que impulsan la economía local, dadas las relaciones comerciales y los puntos de interacción social que permiten el intercambio, consumo y acceso a diferentes bienes y servicios.

a) 16 tianguis
b) 5 mercados públicos
c) 1 mercado artesanal

Metepec cuenta con el establecimiento de 18 tianguis, que operan en condiciones físicas regulares, pese a no contar con servicios relacionados con agua y drenaje, si cuentan con servicios de recolección de desechos, además de no alterar las vías de comunicación (Gobierno de Metepec, 2022).

g) Equipamiento de comercio

Metepec cuenta con una Central de Abasto, mismo que se conforma por 67 locales, este centro de comercio fortalece los puntos de comercio dentro del municipio para que la ciudadanía tenga mayores opciones de abastecimiento y con bienes de calidad que satisfagan sus necesidades (Gobierno de Metepec, 2022).

h) Equipamiento de servicios urbanos (panteones)

En Metepec hay un total de 11 panteones, destaca el panteón municipal, mismo que es el único administrado por el Ayuntamiento, cuenta con una superficie de 34,325.07 m^2. El resto de los panteones están bajo gestión de Comités Internos, por lo que sus usos y costumbres implican prestar mayor atención a su funcionamiento y abastecimiento de servicios básicos (Gobierno de Metepec, 2022).

4.4.2. Diagnóstico de las islas de calor

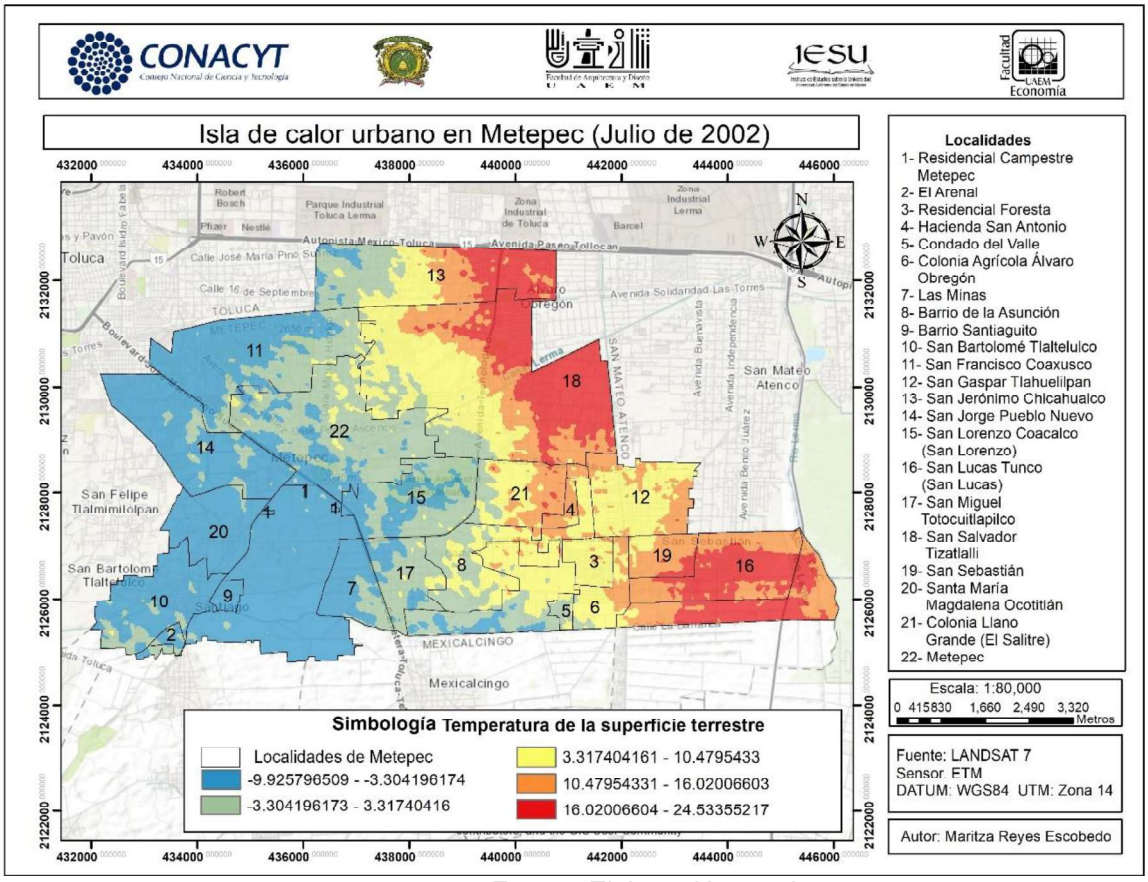
Existen una serie de elementos que modifican el clima urbano: la morfología urbana, las características de las viviendas en la región (fachadas, techos, estructura de jardines), presencia de árboles, materiales con los que se encuentran pavimentadas las calles, entre otros aspectos influyentes en la concentración de temperaturas en la superficie, o lo contrario, la reflexión de la temperatura terrestre. Una vez aplicada la metodología para determinar la Land Susface Temperature (LST) en Metepec.

Los cambios en la temperatura se plasman en los mapas descritos a continuación, durante los años 2002, 2012 y 2022, en las épocas verano e invierno (meses más cálidos y meses más frescos), además de presentar una ficha técnica donde se explican las

características de los satélites utilizados para determinar la temperatura de la superficie terrestre.

Islas de calor en el año 2002 (ver Mapa 12 y Mapa 13).

Mapa 12 Isla de calor urbano (julio de 2002)



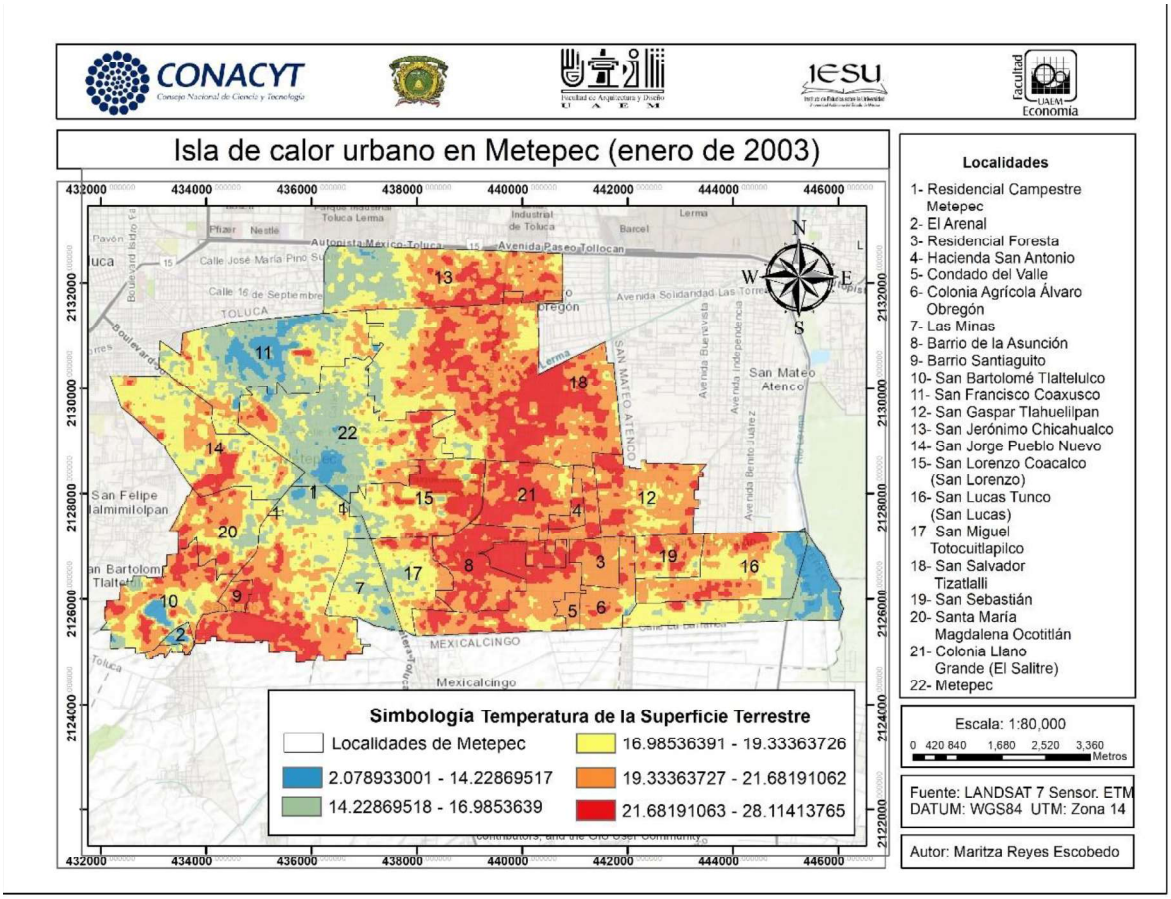
Fuente: Elaboración propia

Tabla 69 Isla de calor (julio de 2002)

Isla de calor (julio de 2002)			
Temperatura mínima registrada	-9.92°C	Temperatura máxima registrada	24.53°C
Satélite		LANDSAT 7	
Sensor		ETM	
Fecha		17-07-2002	
Hora		16:48:20	
Índice de nubosidad		22.00	
Índice de nubosidad en la tierra		22.00	
Ángulo de acimut solar (posición)		80.12	
Ángulo central solar (altitud)		63.009	

Fuente: Earth Explorer, USGS (2023).

Mapa 13 Isla de calor urbano (enero de 2003)



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 70 Isla de calor (enero de 2003)

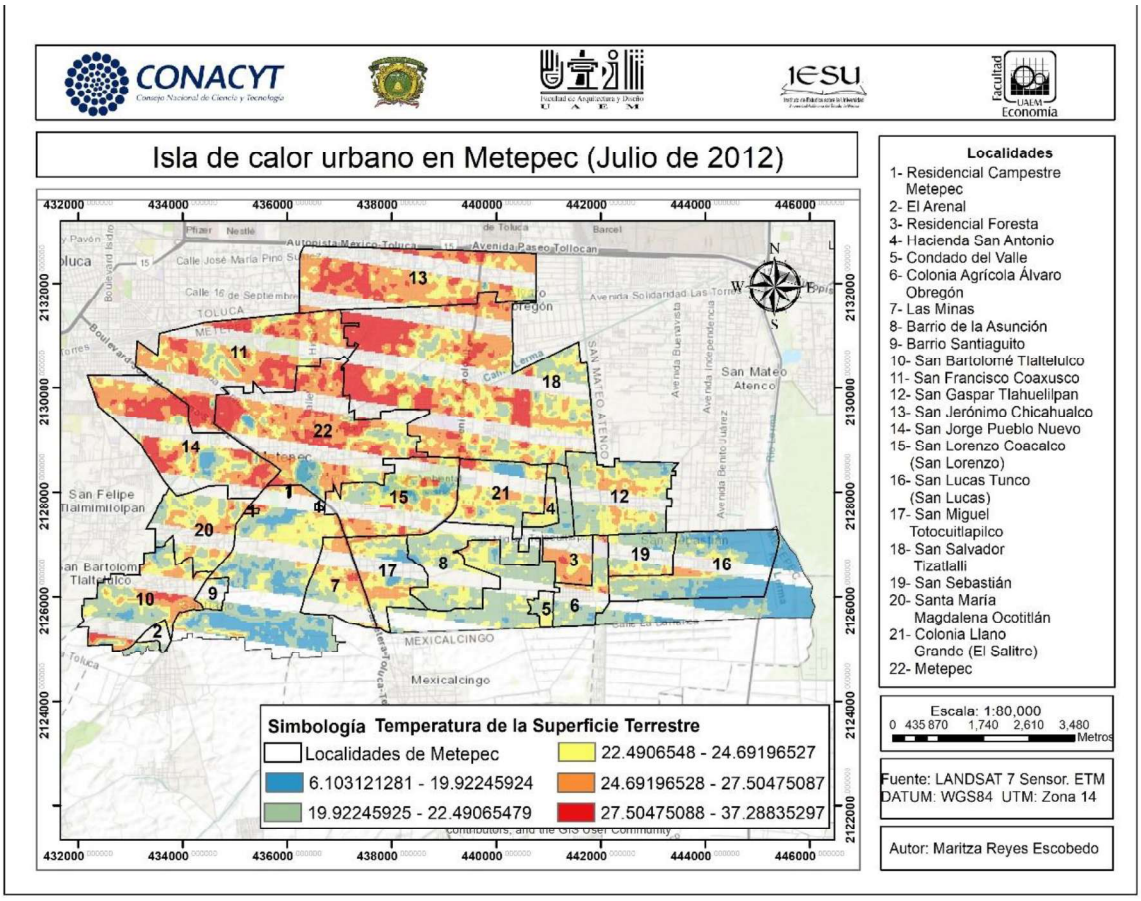
Isla de calor (enero de 2003)			
Temperatura mínima registrada	2.03°C	Temperatura máxima registrada	28.11°C
Satélite		LANDSAT 7	
Sensor		ETM	
Fecha		25/01/2003	
Hora		16:48:30	
Índice de nubosidad		3.00	
Índice de nubosidad en la tierra		3.00	
Ángulo de acimut solar (posición)		140.27	
Ángulo central solar (altitud)		42.07	

Fuente: Earth Explorer, USGS (2023).

Nota: el análisis correspondiente al mes de diciembre de 2002, se realizó con datos relacionados al mes de enero de 2003, debido a que no hay disponibilidad de datos o imágenes satelitales con la fecha requerida.

Islas de calor en el año 2012 (ver Mapa 14 y Mapa 15).

Mapa 14 Isla de calor urbano (julio de 2012)



Fuente: Elaboración propia

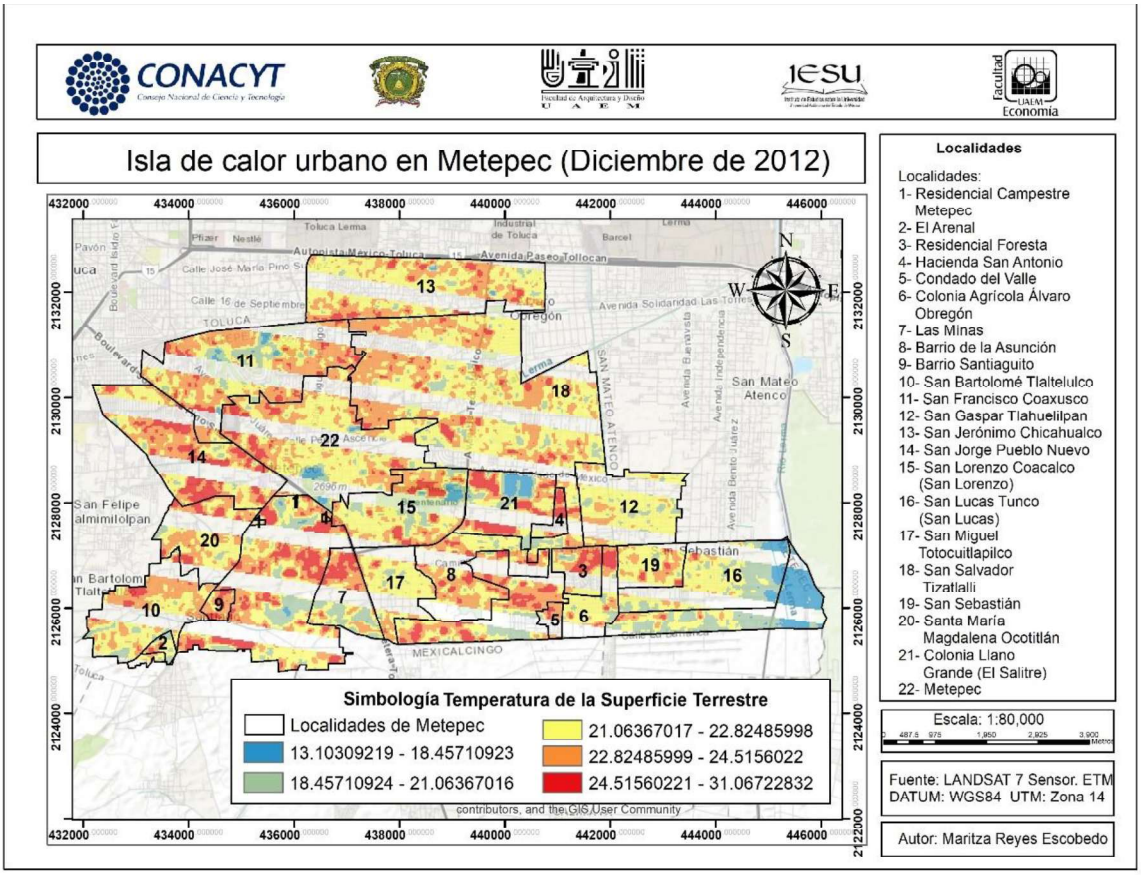
Tabla 71 Isla de calor Isla de calor (julio de 2012)

Isla de calor Isla de calor (julio de 2012)			
Temperatura mínima registrada	6.10°C	Temperatura máxima registrada	37.28°C
Satélite		LANDSAT 7	
Sensor		ETM	
Fecha		28-07-2012	
Hora		16:54:55	
Índice de nubosidad		16.00	
Índice de nubosidad en la tierra		16.00	
Ángulo de acimut solar (posición)		85.61	

Ángulo central solar (altitud)	64.46

Fuente: Earth Explorer, USGS (2023).

Mapa 15 Isla de calor urbano (diciembre de 2012)



Fuente: Elaboración propia

Tabla 72 Isla de calor Isla de calor (diciembre de 2012)

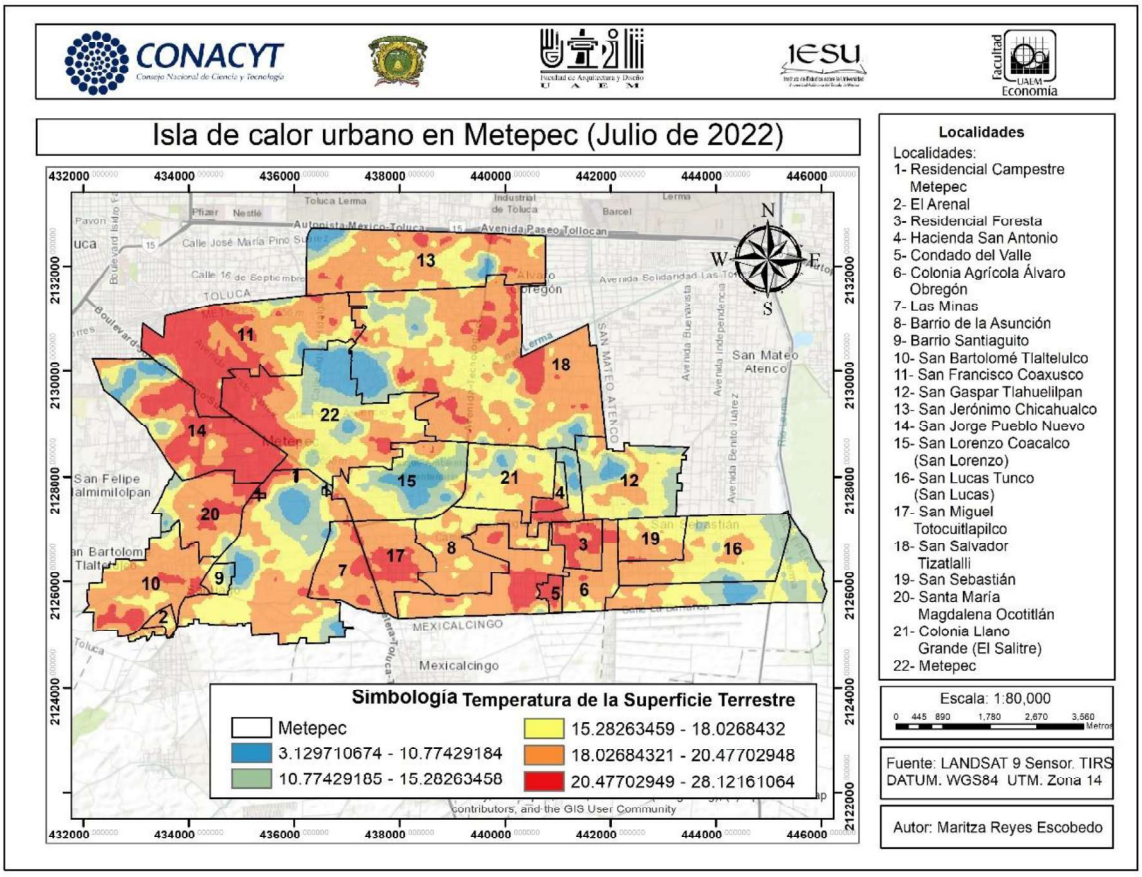
Isla de calor Isla de calor (diciembre de 2012)			
Temperatura mínima registrada	13.10°C	Temperatura máxima registrada	31.06°C
Satélite		LANDSAT 7	
Sensor		ETM	
Fecha		03-12-2012	
Hora		16:55:58	
Índice de nubosidad		2.00	
Índice de nubosidad en la tierra		2.00	
Ángulo de acimut solar (posición)		150.64	
Ángulo central solar (altitud)		43.41	

Fuente: Earth Explorer, USGS (2023).

Nota: en los mapas de temperatura se aprecian líneas blancas, mismas que se están presentes desde la obtención de la imagen satelital.

Islas de calor en el año 2022 (ver Mapa 16 y Mapa 17).

Mapa 16 Isla de calor Isla de calor (julio de 2022)



Fuente: Elaboración propia.

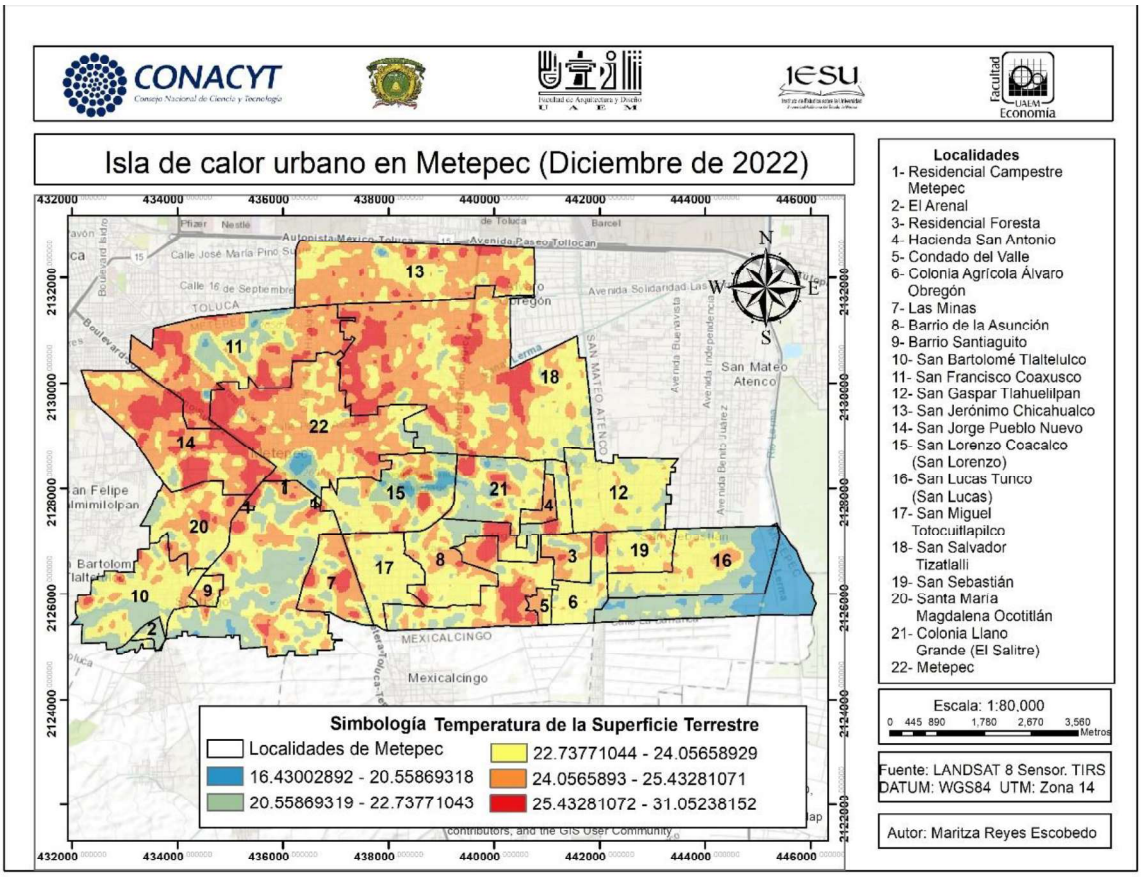
Tabla 73 Isla de calor Isla de calor (julio de 2022)

Isla de calor Isla de calor (julio de 2022)			
Temperatura mínima registrada	3.12°C	Temperatura máxima registrada	28.12°C
Satélite		LANDSAT 9	
Sensor		OLI TIRS	
Fecha		08-07-2022	
Hora		16:59:50	
Índice de nubosidad		18.02	
Índice de nubosidad en la tierra		18.02	

Ángulo de acimut solar (posición)	76.93
Ángulo central solar (altitud)	65.92

Fuente: Earth Explorer, USGS, (2023).

Mapa 17 Isla de calor Isla de calor (diciembre de 2022)



Fuente: Elaboración propia

Tabla 74 Isla de calor (diciembre de 2022)

Isla de calor (diciembre de 2022)			
Temperatura mínima registrada	16.43°C	Temperatura máxima registrada	31.05°C
Satélite		LANDSAT 8	
Sensor		OLI_TIRS	
Fecha		07/12/2022	
Hora		17:00:33	
Índice de nubosidad		0.10	
Índice de nubosidad en la tierra		0.10	
Ángulo de acimut solar (posición)		151.78	
Ángulo central solar (altitud)		43.37	

Fuente: Earth Explorer, USGS, (2023).

El histórico de temperaturas se realizó con el objetivo de analizar el cambio climático experimentado en el municipio, la distribución de los puntos cálidos, donde se observa el giro de 180°C que han experimentado localidades como San Francisco Coaxusco y Metepec, que en el año de 2002 registraron temperaturas frescas, y en la actualidad, son las zonas que enfrentan mayor estrés térmico.

Determinación por localidad de las islas de calor: causas y consecuencias (2022).

A partir del diagnóstico de las islas de calor a nivel municipal, se realizó un análisis a nivel regional para determinar las causas concretas de las islas de calor, sus efectos, además de poder determinar los puntos más cálidos de la localidad, los elementos urbanos que favorecen la formación de este fenómeno, para poder proporcionar una propuesta de mitigación para los efectos adversos de las islas de calor presentes en el municipio de Metepec.

La descripción de cada una de las localidades se encuentra en el Apartado 2. Localidades de Metepec, en la sección Anexos, donde se describe la morfología urbana, las características físicas del medio natural y artificial, el comportamiento de las islas de calor (registradas durante los meses de julio y diciembre de 2022), se especifican las particularidades de la zona, para posteriormente, mostrar el mapa que muestra una imagen satelital de la localidad, y su morfología urbana, para comprender mejor la composición de los elementos urbanos particulares de cada localidad.

4.4.3. Percepción de la población ante las islas de calor

El acercamiento a la población muestra, se dio a través del método etnográfico, donde se preguntó a 100 habitantes de Metepec su perspectiva ante el fenómeno de las islas de calor urbano y el cambio en el microclima urbano. La herramienta utilizada fue una encuesta (ver Encuesta 1 en el Apartado 3. Instrumentos de investigación, en Anexos).

La aplicación de encuestas a residentes del municipio se realizó en el municipio de Metepec. El diseño de la encuesta aborda problemáticas relacionadas con la sensación de estrés térmico (calor), donde se analiza el incremento de temperatura experimentado durante los últimos años. Para el diseño de la encuesta, se considera como variable independiente el incremento poblacional y la expansión de la mancha urbana, como variable dependiente se considera la contaminación ambiental atmosférica (problemática relacionada con las islas de calor urbano).

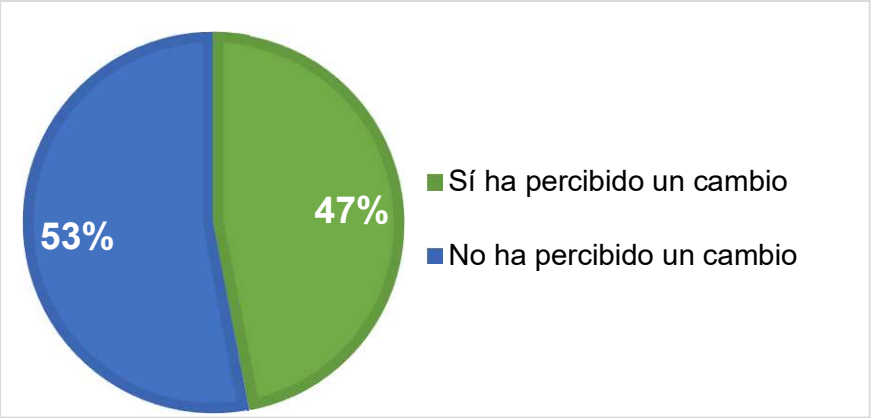
Por medio de esta encuesta, se busca obtener un diagnóstico de la situación que enfrentan los habitantes del municipio, sus afecciones y necesidades que requieren cubrir respecto a esta problemática. La población seleccionada para participar en la aplicación de la encuesta, se dio a través del muestro simple, donde los individuos de la población tienen la misma oportunidad de aparecer en la muestra, es decir, una selección al azar.

Los datos se procesaron a través de tablas de frecuencia en Excel. El diseño de la encuesta estructura las interrogantes que abordan variables cuantitativas, las opciones de respuesta son de carácter dicotómico para facilitar el tratamiento estadístico. Los resultados de la encuesta se describen en el siguiente apartado:

Resultados de la encuesta.

1- De acuerdo con las características de las ciudades, en algunos lugares se registran puntos más cálidos en comparación con zonas aledañas. A este fenómeno se le denomina Islas de Calor Urbano, consecuencia del cambio climático, modificando al microclima urbano, cuyo efecto adverso principal es el registro de temperaturas cada vez más altas. ¿Ha percibido dicho cambio? (ver Gráfico 2).

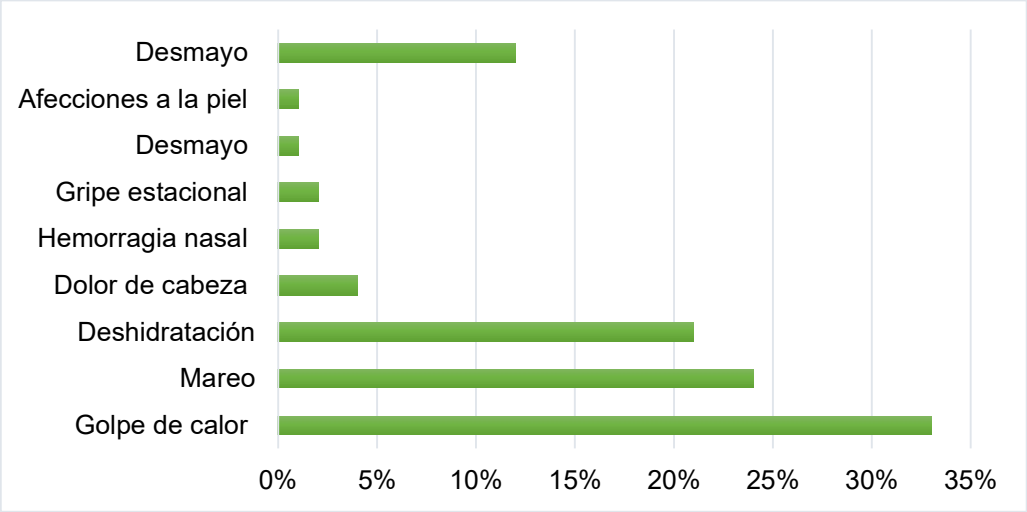
Gráfico 2 Percepción del cambio en el microclima de Metepec



Fuente: Elaboración propia

2- En caso de haber sufrido alguna afección a la salud cuando se expone a altas temperaturas en la ciudad, marque con una X los síntomas presentados (puede marcar más de una opción) (ver Gráfico 3).

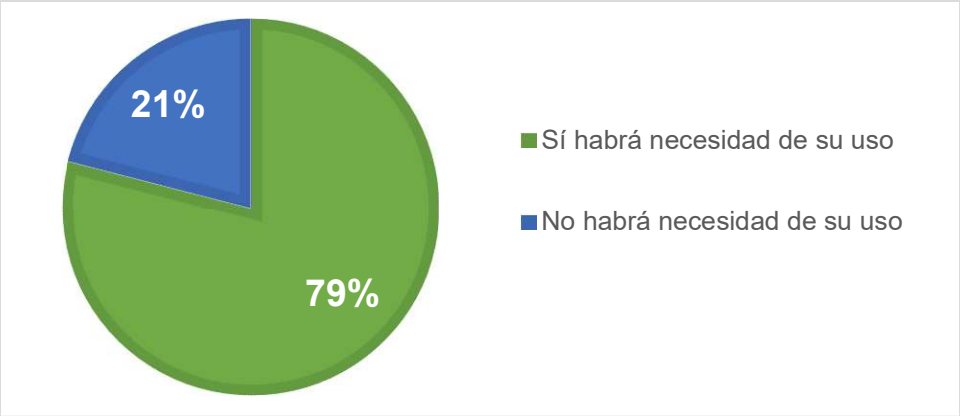
Gráfico 3 Afecciones a la salud por exposición prolongada a altas temperaturas



Fuente: Elaboración propia

3- De acuerdo con la percepción del cambio en el microclima del municipio de Metepec, ¿considera que la temperatura seguirá aumentando a tal grado, que será necesario el uso de sistemas de aire acondicionado para mantener el confort térmico en las ciudades? (ver Gráfico 4).

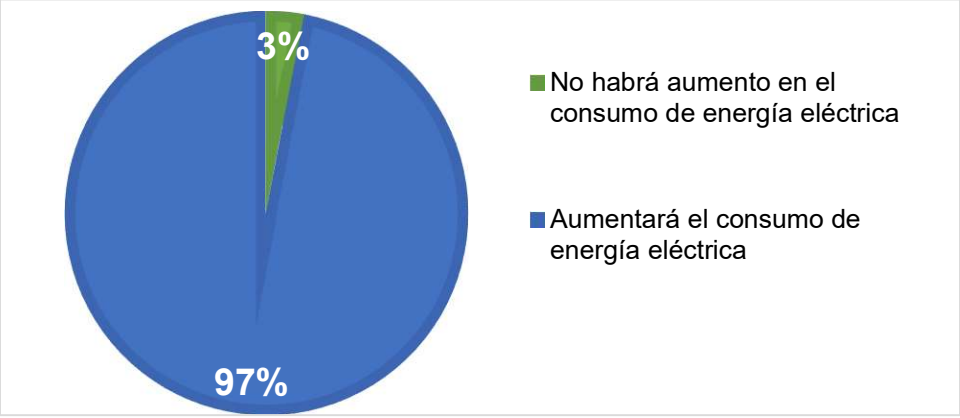
Gráfico 4 Percepción sobre el uso de sistemas de aire acondicionado



Fuente: Elaboración propia

4- ¿Considera que dicha situación podría traer consigo mayor consumo de energía eléctrica? (ver Gráfico 5).

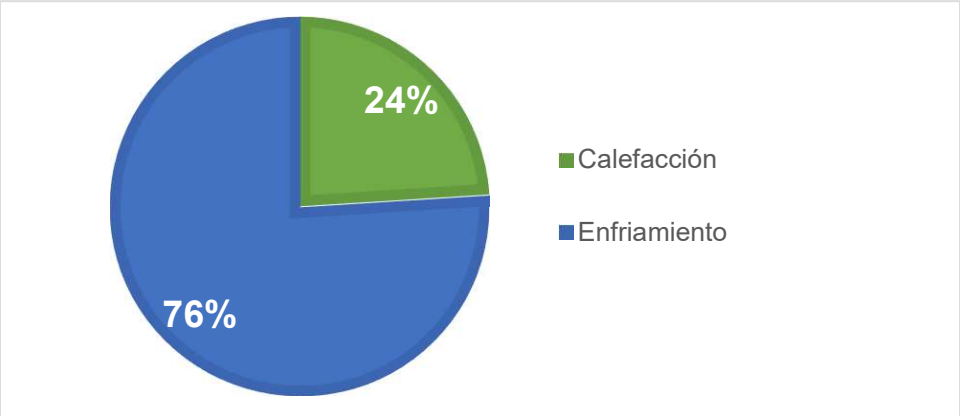
Gráfico 5 Percepción sobre el incremento en el consumo de energía eléctrica



Fuente: Elaboración propia

5- ¿Cuál de los siguientes sistemas de confort térmico considera que tendrán mayor demanda? (ver Gráfico 6).

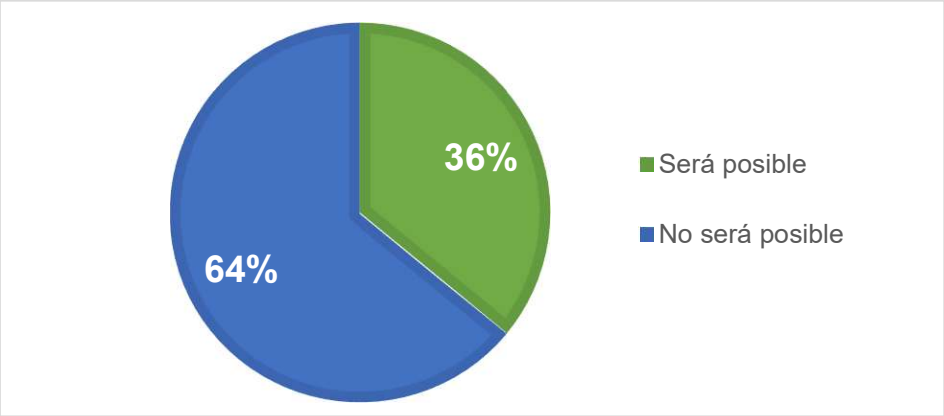
Gráfico 6 Sistemas para confort térmico con mayor demanda en el futuro



Fuente: Elaboración propia

6- ¿Considera será posible cubrir la demanda de energía eléctrica para abastecer los sistemas de confort térmico? (ver Gráfico 7).

Gráfico 7 Satisfacción de la demanda energética en el futuro



Fuente: Elaboración propia

4.4.4. Aportaciones interdisciplinarias en materia de sustentabilidad

Este instrumento fue dirigido a la comunidad estudiantil de nivel superior, con el objetivo de analizar y comprender las perspectivas de los futuros profesionistas y tomadores de decisiones dentro de la sociedad, por lo que se abordó el tema de la sustentabilidad, al considerarse necesario conocer el grado de importancia que otorgan los universitarios a

temáticas relacionadas con el cuidado del medio ambiente (ver Encuesta 2 en el Apartado 3. Instrumentos de investigación, en Anexos).

La encuesta se aplicó a 100 estudiantes pertenecientes al Campus Ciudad Universitaria de la Universidad Autónoma del Estado de México, la población se seleccionó por medio del muestro simple, cada uno de los individuos tiene la oportunidad de participar en la encuesta por selección al azar.

Se realizó esta encuesta para analizar el grado de interés que presentan respecto a la inclusión de temas relacionados con la sustentabilidad dentro del plan de estudios que cursan, es decir, conocer si están o no interesados en involucrarse con temáticas de esta índole. Las posibles causas del problema se relacionan con la falta de información respecto a su importancia, o simplemente los estudiantes no están interesados en abordarlo, siendo este aspecto considerado como la variable independiente.

Las consecuencias se verán reflejadas en el futuro, la toma de decisiones se ve directamente involucrada, al implementar los proyectos se da mayor prioridad a los beneficios económicos o sociales, más los beneficios ambientales pasan a último término. Este aspecto fue considerado como referencia para establecer la variable dependiente.

La aportación que se puede brindar a través de la aplicación de la encuesta, consiste en determinar los puntos de oportunidad para integrar la sustentabilidad dentro de los mapas curriculares para resaltar su importancia y ejecución dentro de la sociedad.

Los datos se procesaron a través de tablas de frecuencia en Excel, las preguntas fueron planteadas desde perspectiva cualitativa, para clasificar las diversas licenciaturas encuestadas y sus respectivas aportaciones al campo de la sustentabilidad; preguntas de carácter dicotómico o sirviéndose de la escala de Likert.

Resultados de la Encuesta

Aportaciones interdisciplinarias en materia de sustentabilidad, cambio climático y diseño urbano.

Tabla 75 Áreas de conocimiento encuestadas.

Áreas de conocimiento encuestadas
Ingeniería
Ciencias Sociales
Arte y diseño
Economía
Ciencias Naturales
Ciencias de la salud

Fuente: Elaboración propia

Semestre que cursan los encuestados:

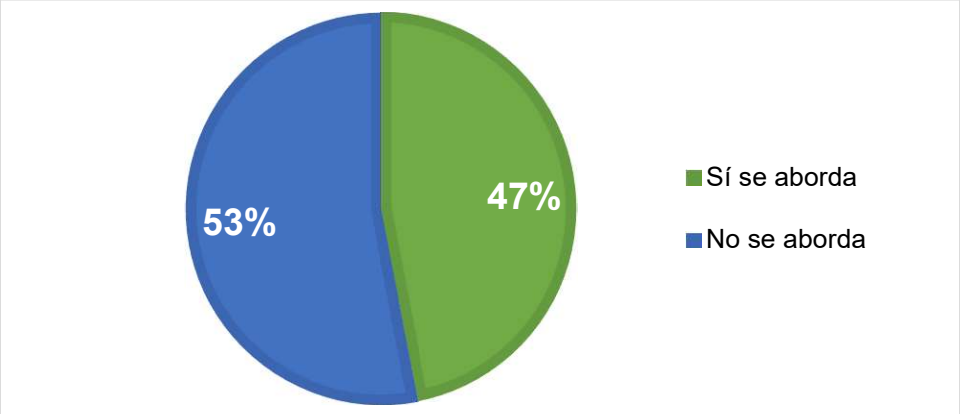
Tabla 76 Semestre cursado por los encuestados

Semestre cursado por los encuestados			
1° semestre	19	7° semestre	21
2° semestre	0	8° semestre	2
3° semestre	12	9° semestre	22
4° semestre	1	10° semestre	0
5° semestre	18	11° semestre	4
6° semestre	1	12° semestre	0

Fuente: Elaboración propia

1- De acuerdo con el mapa curricular de la licenciatura cursada, ¿se abordan asignaturas relacionadas con la sustentabilidad? (ver Gráfico 8).

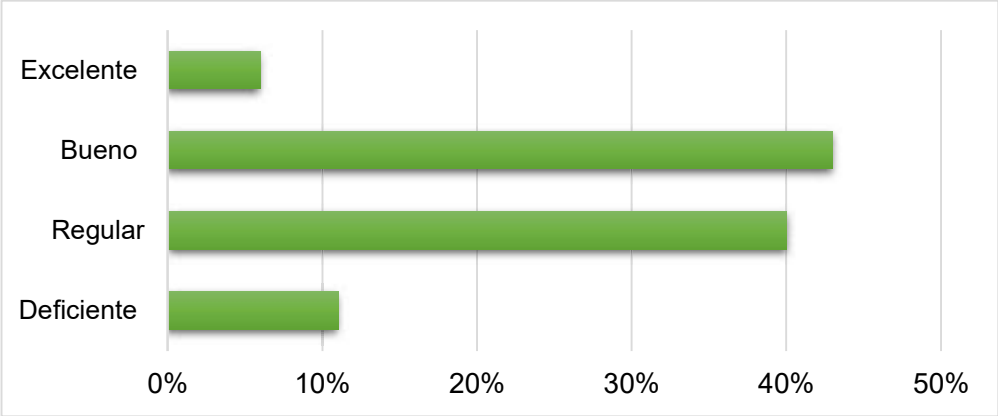
Gráfico 8 Inclusión de la sustentabilidad en el mapa curricular universitario



Fuente: Elaboración propia

2- ¿Cómo califica el nivel en que se aborda la asignatura? (ver Gráfico 9).

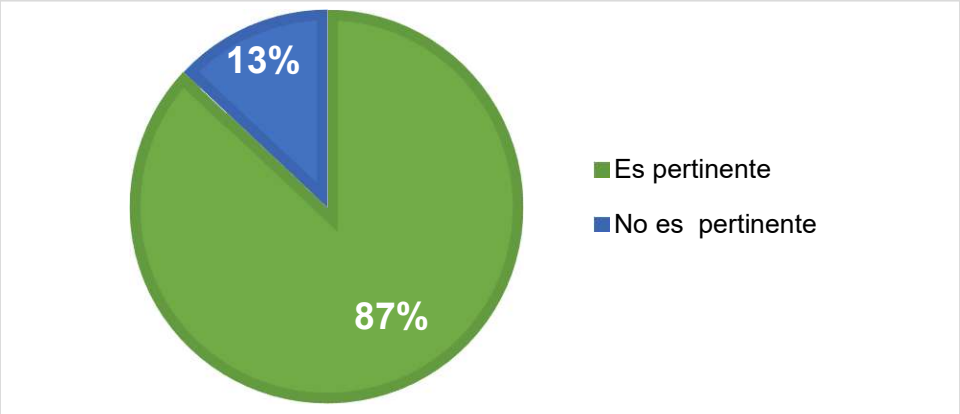
Gráfico 9 Nivel de enseñanza con que se imparte el tema de sustentabilidad



Fuente: Elaboración propia

3- ¿Considera pertinente abordar el tema de la sustentabilidad en las universidades? (ver Gráfico 10).

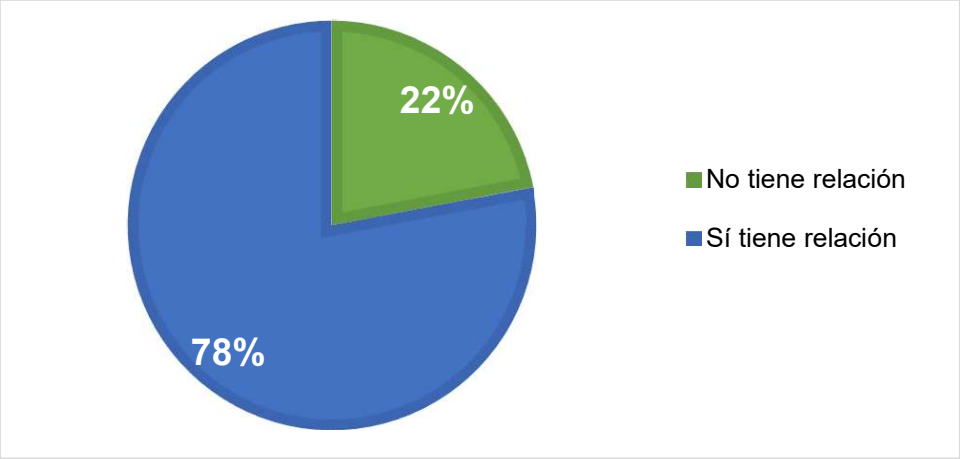
Gráfico 10 Pertinencia respecto al abordaje de la sustentabilidad en las universidades



Fuente: Elaboración propia

4- De acuerdo con la licenciatura que cursa, ¿considera que está relacionada con la sustentabilidad? (ver Gráfico 11).

Gráfico 11 Relación de la licenciatura con la sustentabilidad



Fuente: Elaboración propia

5- En caso de respuesta positiva o negativa, argumente su respuesta:

Tabla 77 Importancia de la sustentabilidad: área de Economía

Economía
Respuesta afirmativa
• Eje importante para la economía, además de ser un tema relevante a nivel internacional. • Las empresas o negocios deben ser sustentables para mantener su utilidad. • Se relaciona con la producción de bienes y servicios. • La sustentabilidad económica se relaciona con la administración de los recursos escasos. • Se busca que las empresas, negocios e industrias hagan uso de energías sustentables. • Abordar la sustentabilidad desde la empresa, da lugar a las empresas socialmente responsables. • La sustentabilidad es un elemento que aporta aspectos importantes en la rentabilidad de los proyectos. • Una de las acciones que permiten la sustentabilidad en las empresas o negocios, es el reciclaje o reutilización de materiales empleados al desempeñar sus actividades. • El aspecto biofísico y el medio ambiente debe estar contemplado en los presupuestos de los proyectos.
Respuesta negativa
• Existe un mayor enfoque en el aspecto económico. • Por ejemplo, en el caso de la mercadotecnia, se dedica a satisfacer necesidades individuales. En el caso de la Actuaría, tiene un enfoque basado en riesgos. • La economía se basa en la lógica y estadística.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 78 Importancia de la sustentabilidad: área de Investigación

Investigación
Respuesta afirmativa
• La sustentabilidad es un tema que concierne a la sociedad en general, ya que este tema busca atender las necesidades económicas, sociales y ambientales. • Abarca situaciones relacionadas con problemas sociales, económicos y ambientales. • Tratamiento de residuos reactivos (en el caso de la Química verde). • Gestión de los recursos naturales. • Dependiendo del enfoque de las licenciaturas, la sustentabilidad puede ser un tema central, incluyendo asignaturas obligatorias u optativas. • Se busca cuidar de los recursos naturales a través de la innovación. • Diseño de software para que el desarrollo sustentable sea eficiente. • A través de la investigación, se busca construir una reflexión relacionada con el cuidado con el medio ambiente. • Enriquecer los conocimientos que expresen los fundamentos de sustentabilidad y química ambiental.

• Obtener datos, a partir de ello proporcionar soluciones. • Realizar un análisis filosófico del tema. • Generar conciencia sobre el impacto de la sustentabilidad en la sociedad, ya que muchas licenciaturas (desde la formación hasta la ejecución) generan muchos residuos.
Respuesta negativa
• La licenciatura se relaciona con la sustentabilidad, sin embargo, no es un tema nodal. • Algunas áreas, aún no abordan el tema. • Dependiendo del enfoque de las licenciaturas, y el interés del alumno, se aborda el tema con diferentes grados de profundidad.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 79 Importancia de la sustentabilidad: área de Diseño

Diseño
Respuesta afirmativa
• El diseño aborda estrategias y planeaciones para el desarrollo sustentable. • Se busca que los materiales no contaminen y sean renovables. • Enfoque a técnicas de construcción que se tienen que apegar a las necesidades actuales. • Planear las nuevas ciudades e implementar la construcción sustentable. • Innovación en técnicas y materiales sustentables en materia industrial. • El diseño debe estar ligado a los problemas y necesidades sociales. • Analizar y considerar el impacto de la construcción u obras civiles. • Diseño duradero y funcional para que no sea desechado con facilidad. • Realizar proyectos con mayor enfoque ecológico. • En caso de la construcción, es una industria contaminante, por lo que es necesario buscar alternativas. • Hacer uso de herramientas que reduzcan el daño al medio ambiente. • La basura es un diseño no funcional. • El diseño gráfico es una industria sumamente contaminante.
Respuesta negativa
• Algunas licenciaturas tienen enfoques especializados, por ejemplo, el diseño de sistemas mecánicos. • Es una asignatura innecesaria o no se requiere en el área. • Dependiendo de los productos esperados por cada asignatura, se puede considerar u omitir el tema de la sustentabilidad.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 80 Importancia de la sustentabilidad: área de Legislación

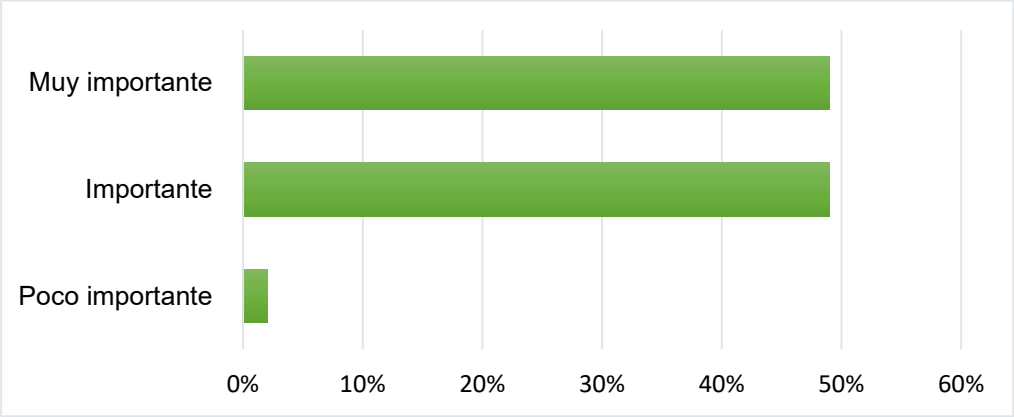
Legislación
Respuesta afirmativa
• Diseño de políticas, leyes y régimen jurídico • Se abordan problemas ambientales que le incumben al sector gobierno que afectan a la ciudadanía.

• Los objetivos del desarrollo sustentable están ligados a la agenda pública gubernamental, por lo que es necesario crear, legislar y gestionar, considerando el aspecto de la sustentabilidad. • El diseño de estas políticas, busca fomentar el correcto comportamiento social. • Legislación y jurisprudencia sobre leyes relacionadas con la protección y preservación del medio ambiente.
Respuesta negativa
• Se encamina directamente a la justicia en aspectos y problemáticas de la ciudadanía.

Fuente: Elaboración propia.

6- ¿Qué tan importante considera que se aborde el tema de la sustentabilidad y cuidado del medio ambiente dentro de los planes de estudio de las universidades? (ver Gráfico 12).

Gráfico 12 Nivel de enseñanza con que se imparte el tema de sustentabilidad en las universidades



Fuente: Elaboración propia.

7- Desde su formación académica, ¿Qué aportaciones puede brindar al campo de la sustentabilidad como futuro profesionista para combatir el cambio climático?

Tabla 81 Aportaciones interdisciplinarias: área de Ingeniería

Aportaciones del área de Ingeniería
• Diseñar sistemas o aplicaciones amigables con el medio ambiente. • Diseño y creación de máquinas que tengan menor consumo energético. • Desarrollo de un programa de autoaprendizaje que limite o regule el uso excesivo de productos que dañen al medio ambiente. • Enfocar el tema de sustentabilidad con la ingeniería en electrónica, adaptándose a la nueva era digital.

- Diseño, desarrollo y mejoramiento de aplicaciones que muestren el cambio climático, además de su monitoreo y regulación.
- Innovación o mejoramiento en los sistemas de enfriamiento para edificios.
- Construir sistemas mecánicos eficientes.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 82 Aportaciones interdisciplinarias: área de Economía

Aportaciones del área de Economía
• Satisfacer las necesidades del ser humano sin dañar la naturaleza. • Buscar alternativas que ayuden al medio ambiente y sean económicamente viables. • Establecer un plan de reducción de costos para proyectos ambientales. • Crear de campañas sobre concientización de cuidado del medio ambiente. • Medios de producción que tengan menor impacto ambiental. • Analizar el comportamiento de los consumidores de diferentes tipos de energía, de esta manera, obtener el diagnóstico respecto al consumo e impacto ambiental.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 83 Aportaciones interdisciplinarias: área de Ciencias Sociales

Aportaciones del área de Ciencias Sociales
• Diseño de pláticas que se impartirán a diferentes sectores poblacionales (desarrollo y difusión) para concientizar a las nuevas generaciones. • Investigaciones como cronista en aspectos medioambientales. • Desarrollo de investigaciones históricas sobre el cambio climático. • En el aspecto legal, incorporar en las empresas la normatividad para acotar el tema, regular los aspectos jurídicos y restricciones en el derecho ambiental, regulación y cumplimiento de las políticas públicas. • Regular el costo de energía eléctrica en el ejercicio fiscal. • La sustentabilidad debería formar parte del desarrollo social e individual desde un aspecto cultural. • Es un tema que necesita ser abordado en todas las licenciaturas, ya que en todas tiene determinado grado de influencia.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 84 Aportaciones interdisciplinarias: área de Ciencias Naturales

Aportaciones del área de Ciencias Naturales
• Promover el reciclaje y otras estrategias sustentables a través de la educación ambiental temprana. • Cumplir con el uso sustentable de recursos • Manejo adecuado de recursos, gestión ambiental y empresarial. • Analizar los recursos naturales escasos, para su adecuada administración o sustitución en el presente y el futuro.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 85 Aportaciones interdisciplinarias: área de Arte y Diseño

Aportaciones del área de Arte y Diseño
• Diseñar de tal forma que se haga menor uso de energía eléctrica. • Concientización en la elaboración de productos. • Los espacios a diseñar cumplan con el objetivo de la sustentabilidad, uso de materiales que no dañen al medio ambiente. • Establecimiento de infraestructuras amigables con el medio ambiente, que reduzcan la huella ecológica. • Mejorar la planeación de las ciudades. • En cuanto al material utilizado en las campañas de concientización ambiental, modificar el material didáctico por material digital.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 86 Aportaciones interdisciplinarias: área de Ciencias de la salud

Aportaciones del área de Ciencias de la salud
• Brindar información sobre el cambio climático o contaminación, así como el impacto a la salud. • Divulgación. • Mejorar la calidad de servicio en los pacientes, para cumplir con el Objetivo 3 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible: salud y bienestar.

Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

De acuerdo con las caracterizaciones realizadas como parte del marco contextual del municipio de Metepec, se encuentran aspectos interesantes que se relacionan de forma directa con el fenómeno de formación de las islas de calor urbano, ya que desde su localización, donde se determina que es una zona donde no hay elevaciones topográficas de gran importancia, se denota que a pesar de contar con la presencia del fenómeno, aún no hay elementos que impidan de forma intensa la circulación del aire dentro de la ciudad, es decir, grandes edificaciones.

Respecto al cambio en el microclima urbano, se ha evaluado la modificación histórica, donde se muestran las variaciones climáticas que ha atravesado el municipio, cuyo dato principal resalta el registro de altas temperaturas que oscilan en los 29°C en los meses más cálidos a partir del año 2010, y a partir del año 2020 se registraron las mismas temperaturas, a excepción que dicha situación se empieza a dar en los meses fríos, lo

que demuestra que la temperatura ha incrementado y lo seguirá haciendo durante los próximos años.

Los factores que interfieren en dicha modificación al microclima urbano se relacionan con las características naturales del lugar, la parte sureste del municipio colinda con las Ciénegas de Lerma, lo que representa la posibilidad de contar con un amortiguador de temperatura cercano a las zonas con mayor estrés hídrico. Las actividades económicas, la infraestructura de las localidades, la morfología urbana, su diseño urbano-arquitectónico, presencia de cuerpos de agua, son algunos elementos incidentes en el comportamiento de las temperaturas de la ciudad.

Existen algunas localidades que se encuentran en alto grado de urbanización, sin embargo, las características de la zona fungen como amortiguadores o captadores de temperatura, situación que muestra la dualidad entre el crecimiento de las ciudades y la incidencia directa con su planeación. Por ende, se procede a diseñar propuestas para mitigar los efectos adversos de las islas de calor, tanto en zonas donde la densidad de construcción es alta y consolidada; media, donde aún hay oportunidad de intervención en la expansión de la mancha urbana, y baja, considerando la preservación de elementos que fungen como amortiguadores de temperatura.

Respecto a la percepción de las islas de calor, la mayoría de la población ha experimentado la sensación de estrés térmico, así como los efectos adversos a la salud que trae consigo. En las ciudades se está experimentado un fenómeno donde las temperaturas con cada vez más elevadas, por lo que la demanda en cuanto al consumo de energía eléctrica va en aumento.

Sin embargo, es importante abordar el tema de la sustentabilidad desde la formación académica de los futuros profesionistas y tomadores de decisiones, es importante que tomen en cuenta la inclusión de este término dentro de los proyectos a implementar en un futuro dentro de la sociedad, ya que la habitabilidad de las ciudades depende en su totalidad de la participación interdisciplinaria en la sociedad.



Capítulo 5. Propuesta de solución

La sustentabilidad en las ciudades es un factor que va tomando mayor relevancia con el paso del tiempo, ya que se busca la habitabilidad en las zonas urbanas, debido al constante cambio, la complejidad de las ciudades y sus elementos están trayendo consigo severos problemas ambientales, entre ellos, el incremento de temperaturas, que pone en jaque la situación de la contaminación ambiental, el cambio en el microclima urbano y la serie de molestias u otras consecuencias adversas a la población.

El objetivo del presente capítulo consiste en sugerir estrategias que se adapten a las características y necesidades del municipio de Metepec para mitigar los efectos adversos de las islas de calor urbanas. Entre ellos, se realiza el análisis de la morfología urbana, como fundamento teórico de las posibles estrategias a implementar en zonas con alta densidad de construcción.

Es por ello que se proporciona el diagnóstico respecto a la ubicación de las islas de calor en el municipio de Metepec, retomando las características físicas, los elementos presentes: distribución de áreas verdes, presencia de cuerpos de agua, densidad de construcción, características de las vialidades y construcciones, entre otros elementos particulares de cada una de las localidades analizadas, que permitan evaluar la máxima eficiencia de los corredores de ventilación urbana propuestos.

Se proponen tres corredores de ventilación urbana:

a) Corredor A- Pino Suárez
b) Corredor B- Avenida Tecnológico
c) Corredor C- Avenida Estado de México

Cada uno de ellos fue seleccionado de manera estratégica, partiendo de la caracterización previa de los componentes del medio físico artificial, denominado como “rugosidad de la superficie”, es decir, donde interfiere la densidad de construcción, cuerpos de agua, morfología del terreno y la ciudad, longitud de las carreteras, características de las edificaciones, entre otros. Los corredores se distribuyen en Corredor A (alto nivel de estrés térmico); Corredor B (nivel medio de estrés térmico) y Corredor C (bajo nivel de estrés térmico).

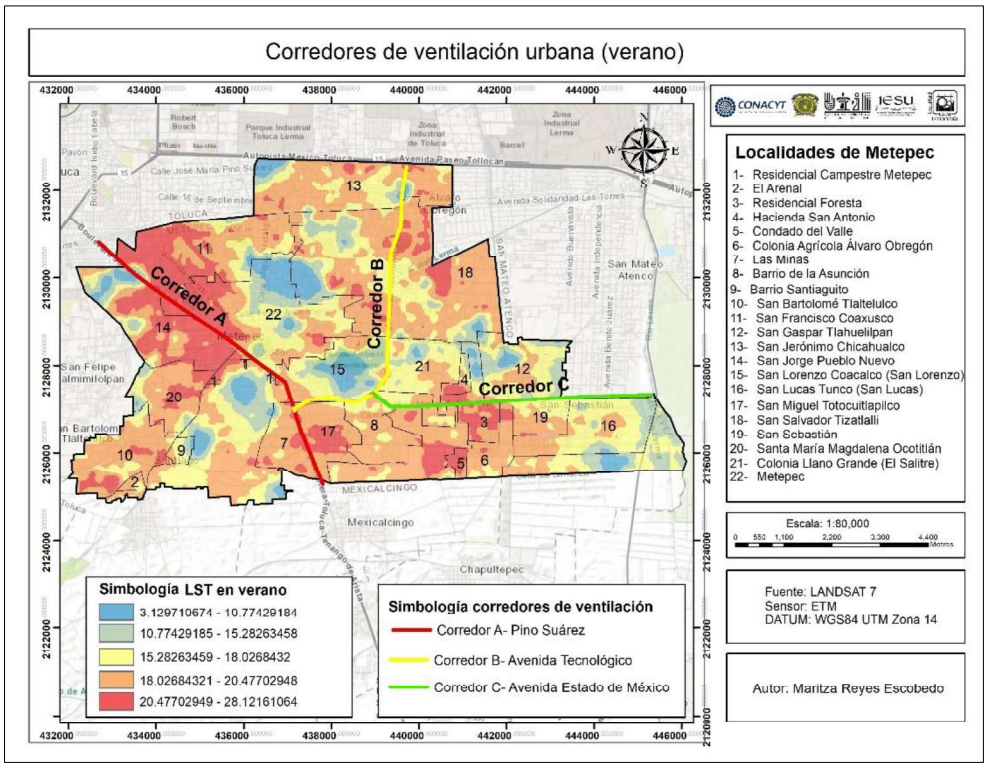
De esta manera comprobar que la ciudad y sus componentes son factores influyentes en la concentración de temperatura, el cambio en el microclima urbano, pero también pueden funcionar como herramientas para mitigar los efectos negativos del cambio climático, evaluando aquellas infraestructuras que pueden incidir como agente adverso ante el cambio en el microclima urbano y aquellos que resultan benéficos, para implementarse en otras localidades, adecuándose a las características particulares de cada región.

5.1. Selección de los corredores de ventilación urbana

Retomando el diagnostico de las islas de calor urbano en el punto 4.4.2. a nivel municipal mediante la metodología de determinación de LST (Land Surface Temperature), y también considerando los elementos de morfología urbana (Apartado 2. Localidades de Metepec, en Anexos), se seleccionaron como propuesta de corredor de ventilación de ventilación urbana, las vialidades con características de Grandes ejes, mismas que presentan la ventaja de tener mayores facilidades de implementación de los componentes de los corredores (posibilidad de establecer cuerpos de agua, cercanía a grandes áreas verdes, facilidad de arborización, etc.).

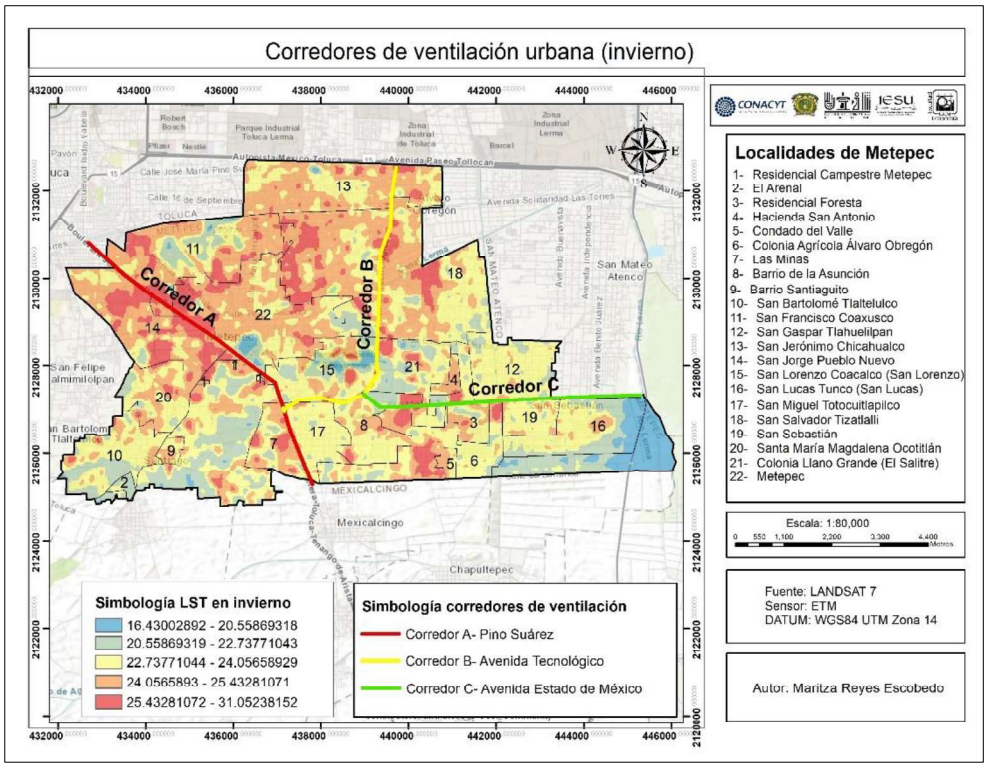
Como se puede observar en los mapas 18 y 19, el comportamiento de la temperatura es sumamente variable, intervienen una serie de elementos que concentran o disipan la temperatura, sin embargo, hay que tener en cuenta que no solo las características físicas de la ciudad determinan el grado de LST (Land Surface Temperature), que tendrá el área de estudio, sino también interviene el posicionamiento del sol, la hora en que se tomaron los datos, etc.

Mapa 18 Corredores de ventilación urbana en verano



Fuente: Elaboración propia

Mapa 19 Corredores de ventilación urbana en invierno

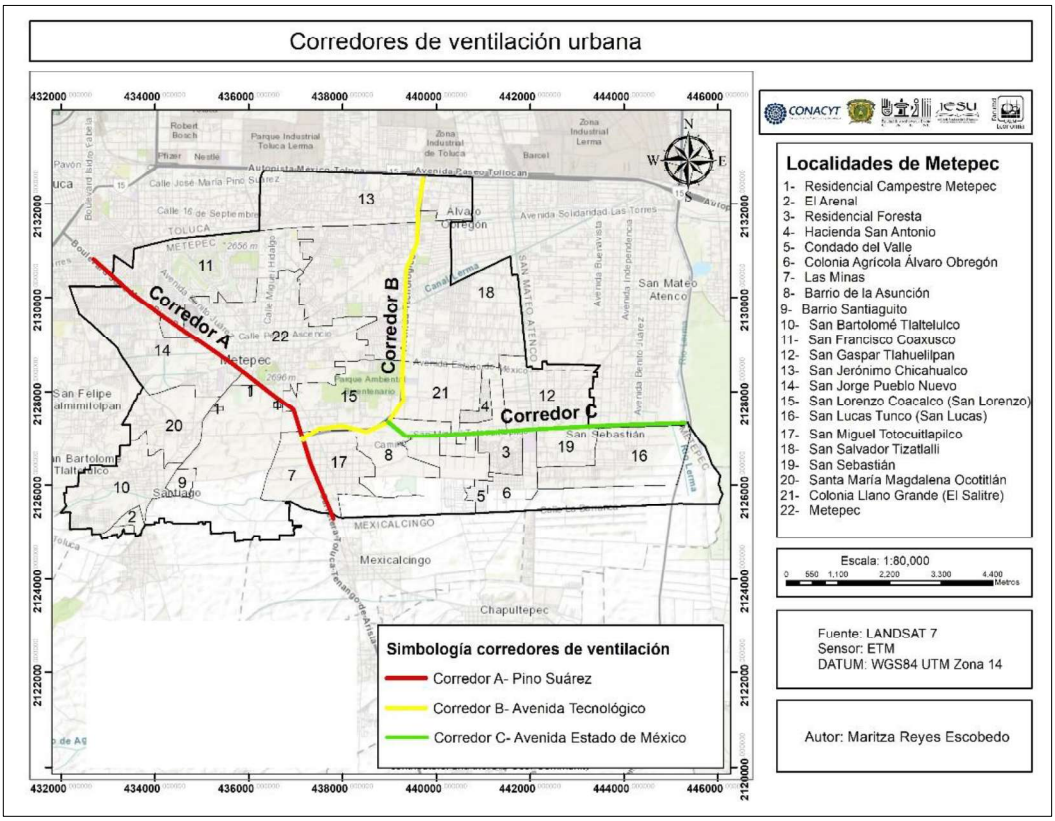


Fuente: Elaboración propia

Al analizar el comportamiento de las islas de calor, retomando el mes de julio de 2022 (perteneciente a uno de los climas más cálidos del año), siendo el Corredor A quien presenta mayor grado de estrés térmico, seguido por el Corredor B, que muestra nivel medio en la concentración de estrés, y finalmente el corredor C que muestra bajos niveles de estrés térmico.

Dado que el corredor de ventilación urbana utiliza la forma de la ciudad y sus componentes para combatir situaciones de contaminación ambiental, ya sea estrés térmico o contaminación atmosférica. Para el caso del municipio de Metepec, después de aplicar el análisis de morfología urbana y localización de los puntos más cálidos a través de la metodología de determinación de LST a cada localidad, se determinaron tres corredores de ventilación urbana, a partir de las vialidades con diseño sistema de grandes ejes. Los resultados se muestran en el Mapa 20.

Mapa 20 Corredores de ventilación urbana



Fuente: Elaboración propia

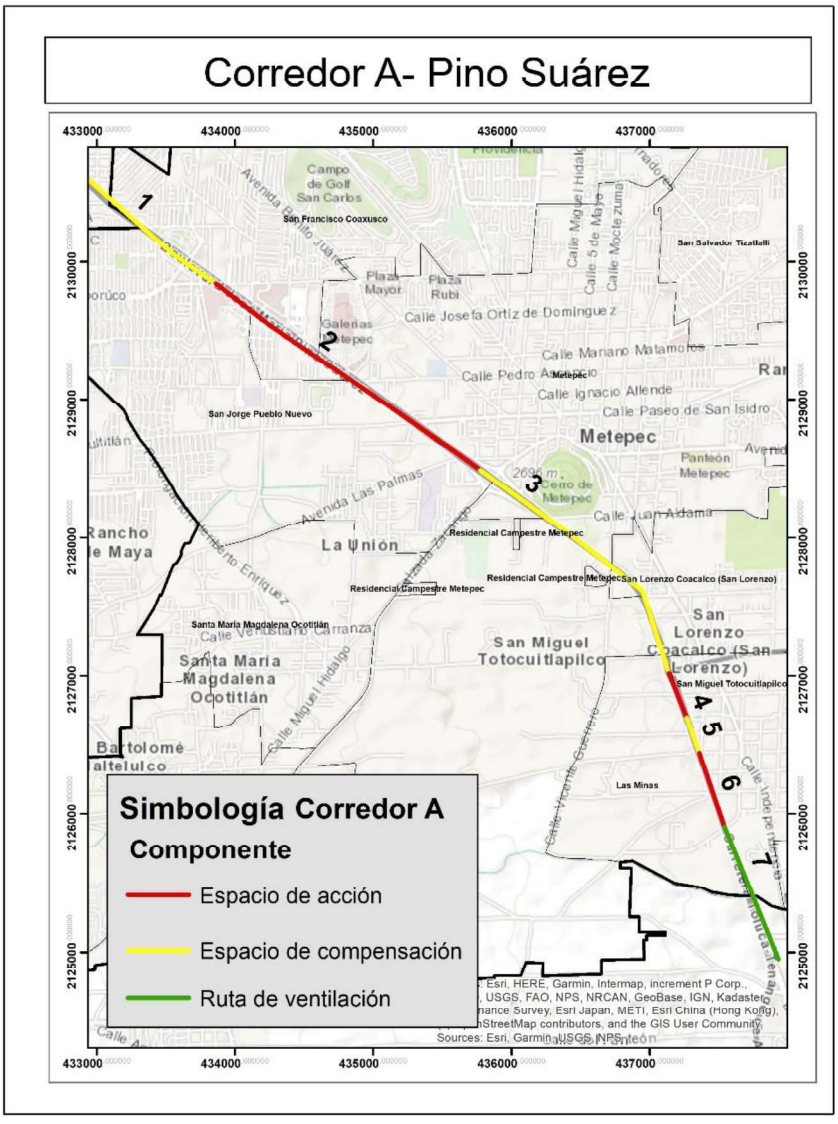
5.2. Descripción de los corredores de ventilación urbana

Los corredores de ventilación urbana, se clasifican en tres elementos principales:

a) Espacio de acción: son las áreas que tienen mayor grado de contaminación térmica o atmosférica.
b) Espacio de compensación: es la zona que intercambia aire con su espacio adyacente.
c) Ruta de ventilación: conecta el espacio de acción y compensación, tiene menor rugosidad de terreno y menor resistencia al flujo de aire.

Corredor A- Pino Suárez

Mapa 21 Corredor A- Pino Suárez



Fuente: Elaboración propia

Tabla 87 Descripción del Corredor A- Pino Suárez

Corredor A- Pino Suárez
Tramo 1. Espacio de compensación **Vialidad:** Boulevard José María Pino Suárez **Localidades abarcadas:** Línea divisoria entre San Francisco Coaxusco y San Jorge Pueblo Nuevo
Tramo 1.1. Espacio de compensación  Zona con alta densidad de construcción con morfología urbana reticular, la zona habitacional tiene presencia de pequeñas áreas verdes como jardines, o algunos árboles inmersos dentro de la mancha urbana, componentes que amortiguan la concentración de temperatura en la ciudad.
Tramo 1.2. Espacio de compensación  El parque Árbol de la vida, funge como amortiguador temperatura, debido a su extensión, y cercanía a un camellón con cobertura arbórea.
Tramo 2. Espacio de acción **Vialidad:** Boulevard José María Pino Suárez **Localidades abarcadas:** Límites de San Francisco Coaxusco, San Jorge Pueblo Nuevo y Metepec
Tramo 2.1. Espacio de acción  En este punto se localizan las principales plazas comerciales, mismas que tienen grandes estacionamientos, a pesar de contar con áreas verdes, no son suficientes para amortiguar la concentración de temperaturas en la zona. Los posibles factores que favorecen la formación de islas de calor es la concentración de población asistente a estas plazas, el color del pavimento, la combustión de los vehículos automotores que generan CO_2 a través de la combustión.
Tramo 2.2. Espacio de acción



Presencia de lotes baldíos, áreas de suelo desnudo, posibles predios destinados al cultivo de temporal.

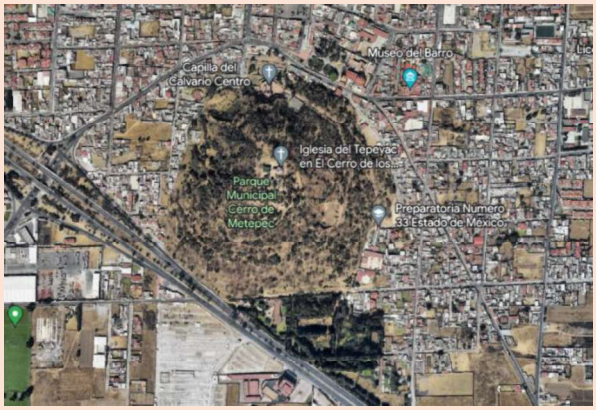
Tramo 2.3. Espacio de acción



Las zonas urbanas que muestran mayor estrés térmico se caracterizan por tener alta concentración de viviendas, con techos de color gris y marrón. A pesar de contar con una vialidad principal con un camellón con árboles, no es suficiente para amortiguar la concentración de altas temperaturas.

Tramo 3. Espacio de compensación
Vialidad: Tenango de Arista-Toluca
Localidades abarcadas: Residencial Camprestre Metepec, San Lorenzo Coacalco y San Miguel Totocuitlapilco

Tramo 3.1. Espacio de compensación



El cerro de Metepec es un importante amortiguador de temperatura debido al dosel arboreo.

Tramo 3.2. Espacio de compensación



Las áreas de baja densidad de construcción, además la presencia de campos y cultivos reducen la concentración de la temperatura dentro del corredor de ventilación urbana.

Tramo 4. Espacio de acción
Vialidad: Tenango de Arista-Toluca
Localidades abarcadas: Las Minas, San Miguel Totocuitlapilco

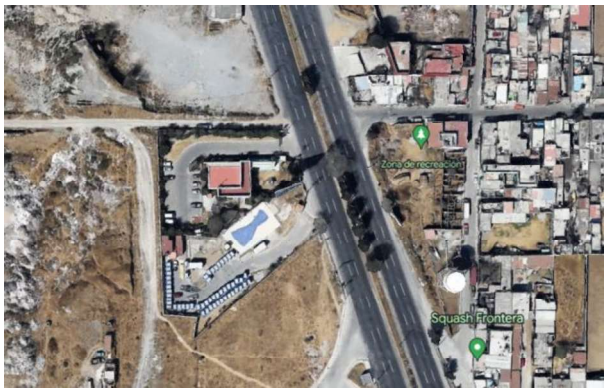
Tramo 4.1. Espacio de acción



Los puntos más calidos de la zona se desglosan principalmente a partir de la presencia de suelo desnudo en la zona, además la densidad de construcción media, aunado con las caracteristicas de las edificaciones.

Tramo 5. Espacio de compensaión
Vialidad: Tenango de Arista-Toluca
Localidades: Las Minas, San Miguel Totocuitlapilco

Tramo 5.1. Espacio de compensaión



Posterior a la zona de estrés térmico, donde se encuentran lotes de suelo desnudo, viene el espacio de compensación, donde las áreas verdes amortiguan la temperatura, gracias al espacio recreativo presente en esta parte del corredor.

Tramo 6. Espacio de acción
Vialidad: Tenango de Arista-Toluca

Localidades: Las Minas, San Miguel Totocuitlapilco

Tramo 6.1. Espacio de acción



Los centros educativos (Preparatoria Argos) son puntos que favorecen la concentración de temperatura terrestre (LST), a pesar de contar con áreas verdes, la presencia de alumnos, además del tráfico vehicular que implica la hora de salida de los estudiantes, favorece la concentración de temperatura en este tipo de equipamientos urbanos.

Tramo 6.2. Espacio de acción



Las áreas que se encuentran ante mayor estrés térmico, se enfocan en zonas con mayor densidad de construcción, las caracteristicas de las edificaciones (que son en su mayoría de color gris), hay baja densidad de vegetación.

Tramo 7. Ruta de ventilación
Vialidad: Francisco Javier Mina
Localidades: Las Minas, San Miguel Totocuitlapilco

Tramo 7.1. Ruta de ventilación



Es el punto donde la vialidad tiene menores obstaculos para el flujo de vientos, entre ellos destacan lugares con baja densidad de construcción, caminos secundarios no pavimentados, y zonas con vegetación.

Fuente: Elaboración propia; imágenes obtenidas de Google Earth.

Propuesta:

El corredor de ventilación urbana A tiene tres tramos con mayor estrés térmico (Tramo 2, Tramo 4 y Tramo 6). dadas las características de edificaciones, y la alta densidad de construcción, se propone realizar las siguientes intervenciones para reducir el estrés térmico en la zona: existe mayor factibilidad para intervenir las áreas densamente urbanizadas, con banquetas estrechas y calles color gris, si solamente se implementa el uso de techos blancos para favorecer la reflectividad en la zona, por lo que se propone impermeabilizar de color blanco los techos en aquellos establecimientos que no se encuentren bajo reglamentos de imagen urbana, se recomienda que tenga durabilidad de 10 años, para reducir los costos de mantenimiento a corto plazo (ver Apartado 4 Propuesta para techos reflectivos).

Respecto a la presencia de grandes extensiones de concreto destinadas al uso como estacionamiento, se propone rediseñarlos integrando espacios verdes, haciendo uso de las especies arbóreas y arbustivas aptas para su establecimiento en áreas urbanas (Ver Apartado 4. Propuesta de paleta vegetal. Especies arbóreas y arbustivas). En las fichas técnicas se plasman las características de las especies vegetales y sus recomendaciones, mismas que se deben apegar a las características de cada establecimiento.

Los grandes espacios de estacionamiento a intervenir, son: Plaza las Américas, Pabellón Metepec y Galerías Metepec. Respecto a los camellones urbanos, se recomienda el rediseño del camellón ubicado entre el Boulevard Toluca-Metepec y la carretera Tenango de Arista-Toluca.

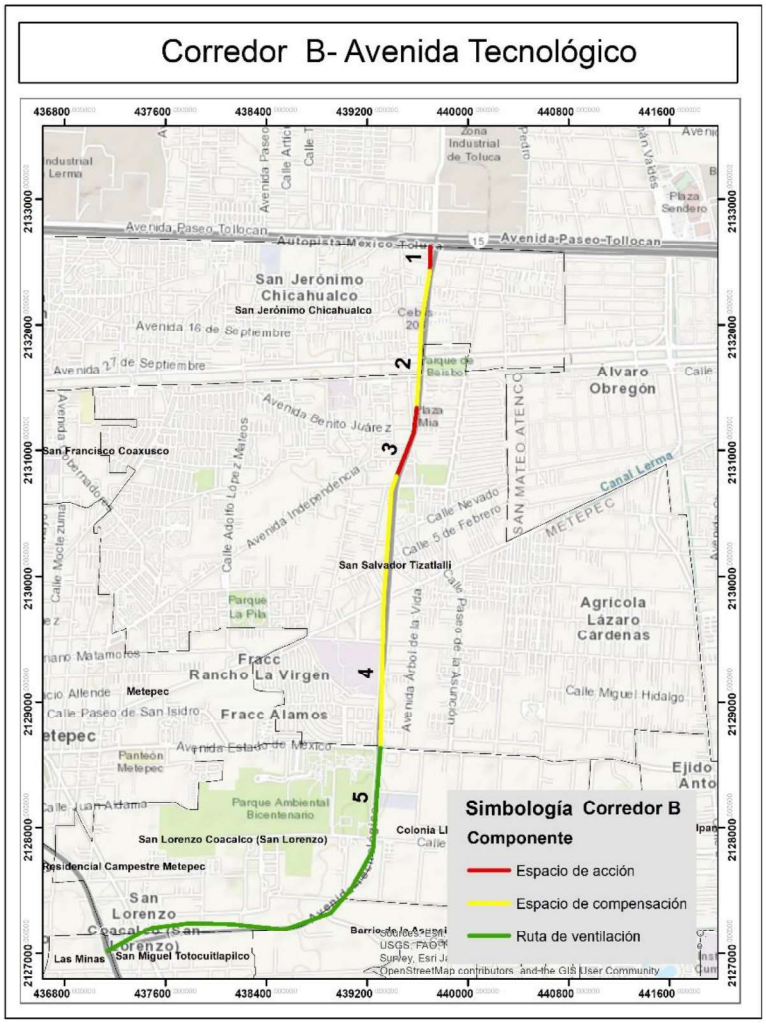
Las limitantes que se encuentran en el Tramo 2, es que los asentamientos humanos establecidos están sujetos a reglamentos de imagen urbana, debido a que en su mayoría son fraccionamientos, o establecimientos comerciales, principalmente plazas.

Otro punto que muestra limitantes para su intervención es la Preparatoria Argos, cuyo registro de estrés térmico puede deberse a la concentración de actividades que se

desempeñan en la zona, por otra parte, los lotes que se ubican detrás de la preparatoria, y establecimientos donde se fabrican tabiques, puede ser un agente detonador para la concentración de elevadas temperaturas en la zona. La zona urbana en la que se puede implementar las acciones de colocación de techos blancos, las zonas donde sea posible establecer árboles y arbustos sobre las aceras, es San Miguel Totocuitlapilco. El aspecto que le favorece a esta localidad, son las calles pavimentadas con adoquines, ya que favorece a la reflectividad de la superficie terrestre.

Corredor B- Avenida Tecnológico

Mapa 22 Corredor B- Avenida Tecnológico



Fuente: Elaboración propia

Tabla 88 Descripción del Corredor B- Avenida Tecnológico

<table>
<tr><th colspan="2">Corredor B- Avenida Tecnológico</th></tr>
<tr><td colspan="2">Tramo 1. Espacio de acción
Vialidad: Avenida Tecnológico
Localidades: San Jerónimo Chicahualco</td></tr>
<tr><td>Tramo 1.1. Espacio de acción
 
</td><td>Al ser un espacio con mayor estrés térmico, a través de la percepción remota se aprecia la ausencia de áreas verdes, abundancia de zonas asfaltadas, terrenos desprovistos de vegetación que pueden favorecer la concentración de temperatura en determinados puntos.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Tramo 2.1. Espacio de compensación
Vialidad: Avenida Tecnológico
Localidades: San Jerónimo Chicahualco, San Salvador Tizatlalli</td></tr>
<tr><td>Tramo 2.1. Espacio de compensación
 
</td><td>Este espacio se caracteriza por la densidad de construcción media, la morfología urbana de carácter reticular, favorece la concentración de contaminación atmosférica, por lo tanto, funge como un punto de concentración de contaminantes. La coloración de los techos, se percibe predominantemente color marrón, sin embargo, el fenómeno de islas de calor aún no se ve consolidado.</td></tr>
<tr><td>Tramo 2.2. Espacio de compensación
  </td><td>Este punto del espacio de compensación muestra menor densidad de construcción, es decir, menor rugosidad en la superficie, además de tener presencia media de áreas verdes</td></tr>
</table>

Tramo 3. Espacio de acción **Vialidad:** Avenida Tecnológico **Localidades:** San Salvador Tizatlalli	
Tramo 3.1. Espacio de acción 	La morfología urbana puede ser una de las causas de isla de calor, las vialidades de color gris oscuro, los techos con coloración de color marrón, también influye el equipamiento urbano establecido en la zona y sus características arquitectónicas.
Tramo 4. Espacio de compensación **Vialidad:** Avenida Tecnológico **Localidades:** San Salvador Tizatlalli	
Tramo 4.1. Espacio de compensación 	Espacio de compensación caracterizado por densidad de construcción media, asentamientos humanos dispersos, la unidad Deportiva de San Salvador Tizatlalli sirve como amortiguador de temperaturas. Los lotes destinados a la agricultura o donde aún no se establecen asentamientos humanos cuentan como espacios naturales gracias a la flora nativa que se da en el lugar.
Tramo 4.2. Espacio de compensación 	La morfología urbana de la ciudad facilita el punto de compensación en el corredor de ventilación, ya que tiene importante índice de vegetación inmerso en sus calles, la presencia de áreas deportivas que fungen como áreas naturales. Por otra parte, el Instituto Tecnológico de Toluca, a pesar de ser un centro educativo, con mayor posibilidad de retener temperatura en su superficie, presenta bajos niveles de estrés térmico.
Tramo 5. Ruta de ventilación **Vialidad:** Avenida Tecnológico**,** Avenida Estado de México **Localidades:** Límites de San Lorenzo, Colonia Llano Grande y San Miguel Totocuitlapilco	
Tramo 5.1. Ruta de ventilación	

	Se encuentra ICAMEX, es una zona con alta densidad de vegetación y bajo índice de construcción, los asentamientos humanos que se encuentran establecidos de forma dispersa. Dentro del parque ecológico hay un cuerpo de agua que es un importante factor para amortiguar las temperaturas de la superficie terrestre y mantenerla en niveles tolerables.
Tramo 5.2. Ruta de ventilación 	Zonas donde la densidad de construcción es baja, solo se encuentran lotes destinados a la agricultura, en estas zonas aún se puede considerar la planeación urbana en caso de la expansión de la mancha urbana, dependiendo de la lotificación de los distintos predios.
Tramo 5.2. Ruta de ventilación 	Los asentamientos humanos con bajo índice de construcción que se encuentran cerca de San Lorenzo, no representan obstáculos para la ruta de ventilación.

Fuente: Elaboración propia; imágenes obtenidas de Google Earth

Propuesta:

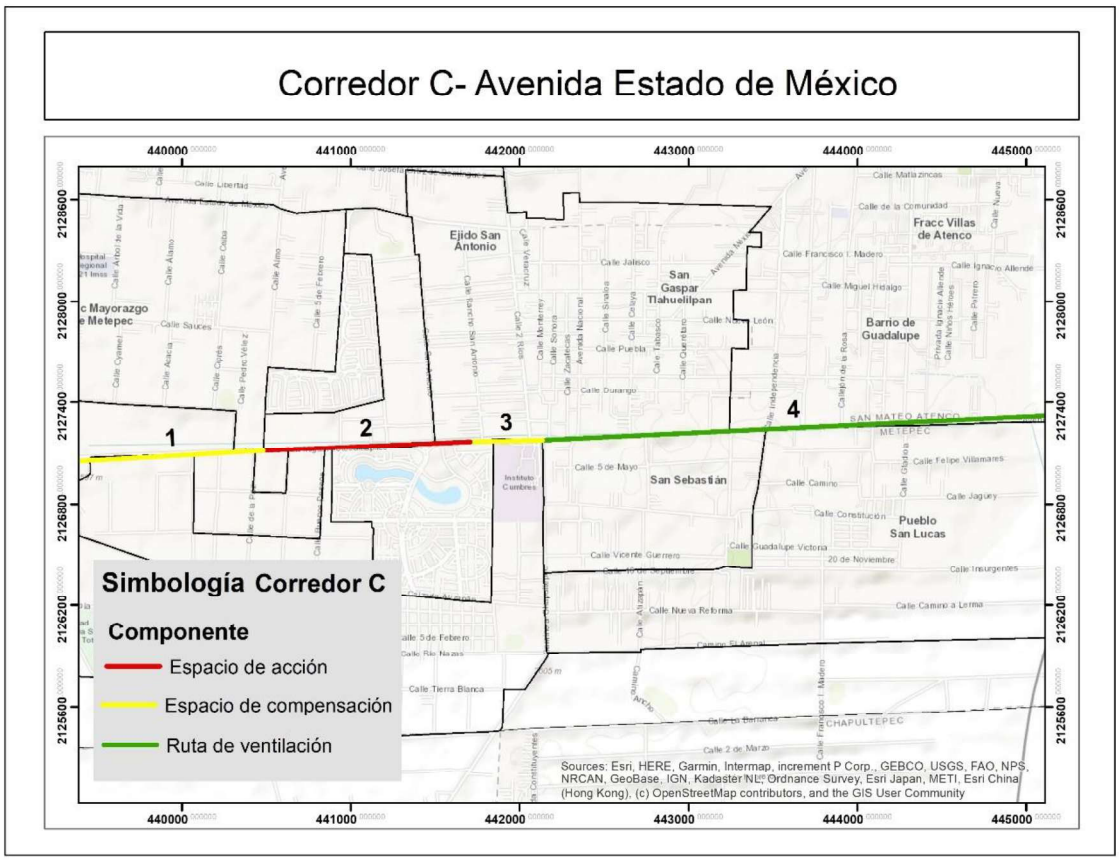
El corredor B- Avenida Tecnológico, tiene dos Tramos con grado alto de estrés térmico, el Tramo 1 corresponde a la Avenida Tecnológico, siendo los puntos más cálidos: el Hotel Crowne Plaza Toluca-Lancaster y el Restaurante McDonald's, las características de las edificaciones favorecen a la formación de islas de calor, entre ellos el color gris y marrón de los techos, el asfalto gris oscuro, además de las características de la infraestructura de los Transportes GM. Dado que es una superficie urbana, se recomienda usar algunos criterios de arquitectura bioclimática, o uso de materiales con alto grado de reflectividad.

Por otra parte, el espacio de acción, referido como Tramo 3, tiene como hito principal la Plaza Mía, zona comercial con gran espacio destinado al uso de estacionamientos, en comparación con la tienda departamental Wal-Mart Express, cuyo diseño incluye el uso de materiales claros, el estacionamiento de la plaza Mía, con su tonalidad gris oscuro favorece la retención de temperatura de la superficie de la Tierra.

Cabe destacar, que el Fraccionamiento Bosques de la Asunción, a pesar de tener una planeación estratégica, su diseño urbano favorece la concentración de temperatura terrestre debido al color marrón de sus techos, además que no se incluyen áreas verdes dentro de los asentamientos humanos, el área verde que se encuentra en su cercanía no es suficiente para amortiguar el efecto de la isla de calor. Se propone contemplar la colocación de especies arbóreas o arbustivas ((Ver Apartado 4. Propuesta de paleta vegetal. Especies arbóreas y arbustivas), que se adapten a las dimensiones del área.

Corredor C- Avenida Estado de México

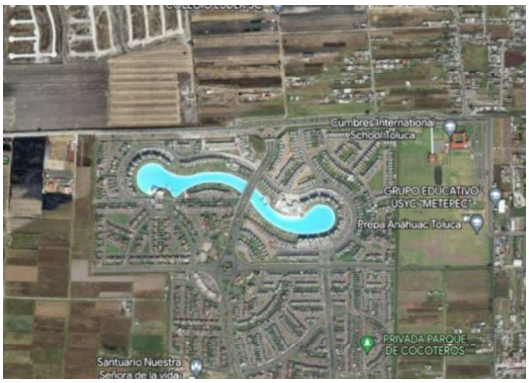
Mapa 23 Corredor C- Avenida Estado de México

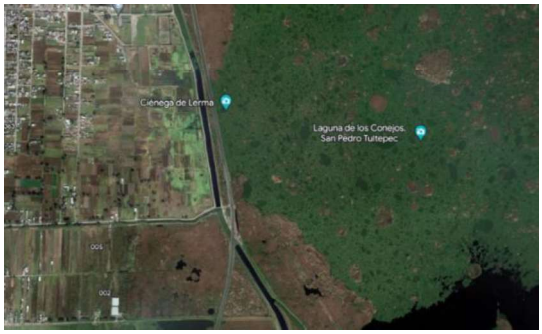


Fuente: Elaboración propia

Tabla 89 Descripción del Corredor C- Avenida Estado de México

Corredor C- Avenida Estado de México	
Tramo 1. Espacio de compensación **Vialidad:** Atizapán, Circuito Metropolitano Exterior **Localidades:** Barrio de la Asunción	
Tramo 1.1. Espacio de compensación 	Constituido por bajos niveles de densidad de construcción, no se considera como ruta de ventilación por la cercanía a asentamientos humanos de baja densidad. Existe predominancia de áreas destinadas a la agricultura.

Tramo 2. Espacio de acción **Vialidad:** Circuito Metropolitano Exterior **Localidades:** Residencial Foresta	
Tramo 2.1. Espacio de acción 	La zona residencial muestra cierto grado de estrés térmico debido al color de la infraestructura presente en el lugar, ya que su diseño planeado, la inclusión de áreas verdes, aunado a que el cuerpo de agua funge como regulador de temperatura.
Tramo 3.1. Espacio de compensación **Vialidad:** Circuito Metropolitano Exterior **Localidades:** Colonia Agrícola Álvaro Obregón	
Tramo 3.1. Espacio de compensación 	Densidad de construcción media, el centro Educativo Prepa Anáhuac tiene un campo de tamaño considerable que funge como amortiguador de temperatura, además del diseño urbano y la morfología de la zona residencial aledaña favorecen a la ruta de compensación.
Tramo 4. Ruta de ventilación **Vialidad:** Circuito Metropolitano Exterior **Localidades:** San Lucas, San Sebastián.	
Tramo 4.1. Ruta de ventilación 	Áreas con baja densidad de construcción, establecidas de forma dispersa. Los caminos aún no se encuentran asfaltados, además de ser una zona con alto grado de humedad.

Tramo 4.2. Ruta de ventilación 	Las características de la mancha urbana aún no influyen directamente en la temperatura de la superficie terrestre con determinado nivel de estrés térmico, ya que el índice de vegetación es alto.
Tramo 4.3. Ruta de ventilación 	La cercanía de la zona a las Ciénegas de Lerma, representa una importante ruta de ventilación debido a la gran dimensión de esta área natural, el grado de humedad que tiene y el alto índice de vegetación, aunque la desventaja que presenta esta zona es que también enfrenta problemas de contaminación y degradación ambiental.

Fuente: Elaboración propia; imágenes obtenidas de Google Earth

Propuesta:

El espacio de acción en el Corredor C- Avenida Estado de México, principalmente sobre el Circuito Metropolitano Exterior, donde existe mayor grado de estrés térmico. La formación de islas de calor se puede atribuir a la coloración de la infraestructura, ya que la zona Residencial Foresta, que se encuentra en esa zona, tiene un elaborado diseño urbano-arquitectónico, distribución de áreas verdes y la presencia de un cuerpo de agua, que funciona como amortiguador de temperatura. Se recomienda la impermeabilización (blanco) de techos como estrategia para favorecer la reflectividad de la temperatura de la superficie terrestre, con durabilidad de 10 o más años, esto con el objetivo de reducir los costos de mantenimiento.

Dado a que es una zona donde la mancha urbana aún no se ha extendido en su totalidad, se recomienda la contemplación de diseñar los asentamientos humanos a futuro, incluyendo el uso de materiales altamente reflectantes.

Conclusiones

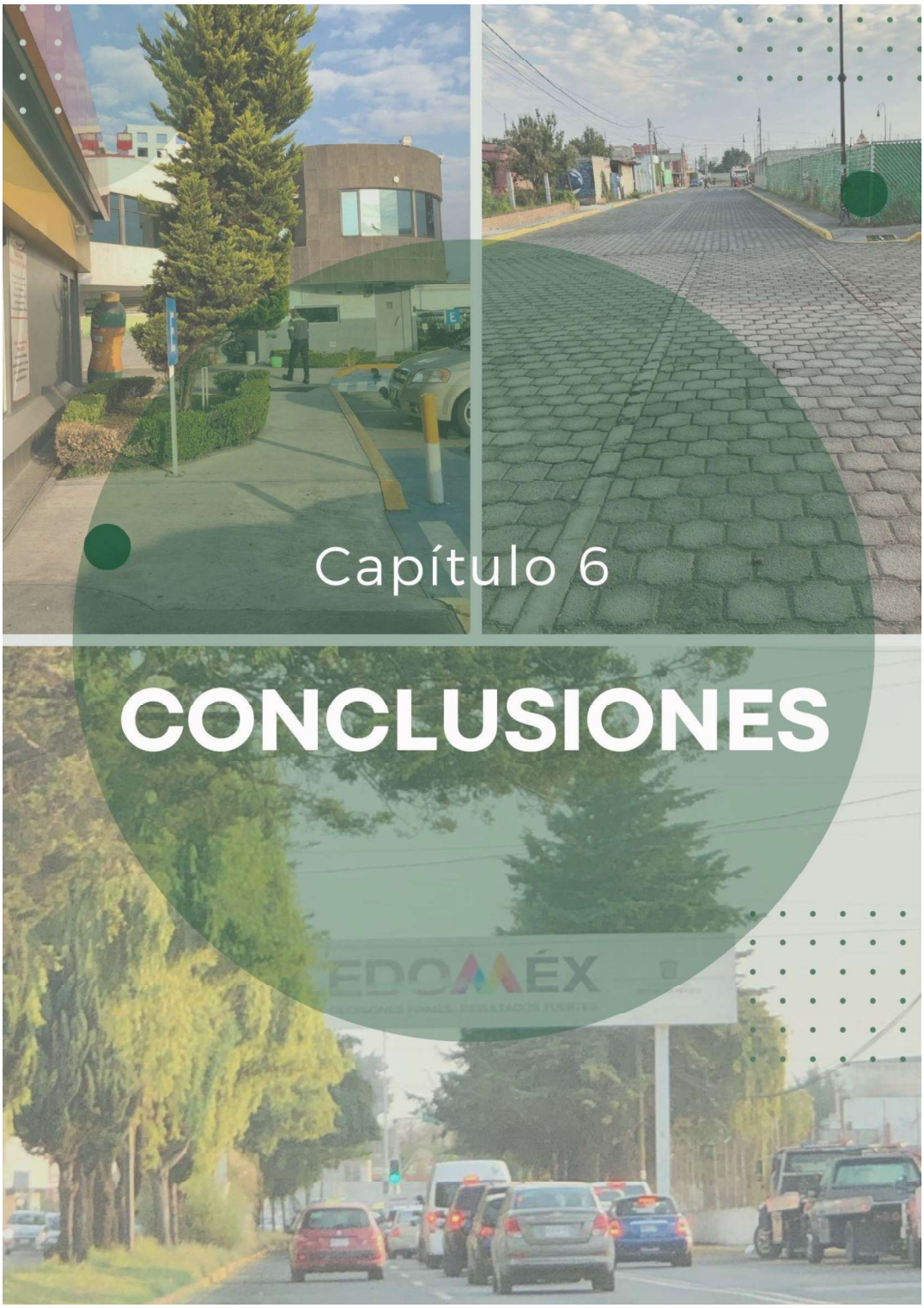
El incremento de temperatura en el microclima urbano es una situación que probablemente es inevitable, ya que es necesario satisfacer las necesidades básicas de los ciudadanos, pues para poder tener un lugar donde residir, obtener alimentos, entre otras, es necesario llevar a cabo actividades productivas de diversa índole. Por lo que frenar el crecimiento y desarrollo urbano, así como el desempeño de diversas actividades económicas no es una opción socialmente responsable ni económicamente viable.

El diseño urbano arquitectónico de los establecimientos comerciales representa aquellas áreas que experimenta, mayor estrés térmico por una serie de aspectos que se interrelacionan entre sí, por ejemplo: son establecimientos donde es necesario hacer uso de sistemas de aire acondicionado, además de contar de grandes zonas asfaltadas que funcionen como estacionamientos, de tal forma que se cubra el servicio para los asistentes a las plazas comerciales, mismas que tienen mayores concentraciones durante los fines de semana y el periodo vacacional.

Los estacionamientos guardan mayor temperatura debido al parque vehicular que hace uso de estos lugares, aunado con la contaminación expedida del escape de los automóviles. A pesar de contar con áreas verdes, resultan ser insuficientes para amortiguar los niveles de estrés térmico y contaminación generados en la zona. Cabe resaltar, que los corredores de ventilación urbana, buscan adaptar las condiciones reales actuales de los elementos presentes en la ciudad, no se busca crear instalaciones nuevas que reduzcan el efecto de las islas de calor a través del establecimiento de nueva infraestructura, ya que eso no sería económicamente viable, sino trabajar con el equipamiento ya existente, adaptándolo con aquellas características arquitectónicas que permitan reducir los niveles de estrés térmico.

Por otra parte, la morfología de las ciudades va a incidir en el grado de isla de calor que experimentará el área analizada. Esto muestra de manera empírica que la planeación territorial es muy importante para prevenir futuros problemas ambientales urbanos, principalmente en zonas habitacionales, aunado a ello, también facilitará los mecanismos

de movilización de los usuarios, situación que permitirá reducir los niveles de contaminación atmosférica al buscar reducir los aglomeraciones poblacionales y embotellamientos. Una de las ventajas que tiene el municipio de Metepec, es la baja presencia de edificios altos, por lo tanto, la circulación de aire no se obstruye de manera considerable, sin embargo, el fenómeno de isla de calor persiste.



Capítulo 6. Conclusiones

Para el control de las islas de calor, es importante analizar de manera minuciosa los componentes de la ciudad, sus características naturales y artificiales, además de comprender que la expansión de la mancha urbana es un fenómeno que no se detendrá, sino que continuará invadiendo las áreas naturales, disminuyéndolas, y, en consecuencia, el cambio en el clima urbano seguirá alterándose, cuyos efectos se ven reflejados en el municipio de Metepec, a través del incremento de temperaturas.

Esta investigación se llevó a cabo con la finalidad de analizar las políticas relacionadas con el diseño urbano, la sustentabilidad en las ciudades y la imagen urbana, para establecer nuevas propuestas que se apeguen a las políticas previamente establecidas, cumpliendo con la adecuación de las necesidades y sus características del área de estudio (ubicación geográfica, densidad poblacional, infraestructura, recursos, uso de suelo y sus problemas ambientales).

La propuesta final consiste en el diseño de modelos de integración de áreas verdes u otras estrategias de diseño urbano-arquitectónico en la ciudad para compensar el daño ambiental provocado por el proceso de desarrollo y expansión de la mancha urbana, a través del cumplimiento del Objetivo General: Analizar las islas de calor urbano que se han generado en el municipio de Metepec con el fin de identificar sus causas y efectos, para proponer estrategias que permitan mitigar los efectos adversos. Se observó a través del tratamiento de imágenes satelitales el incremento de temperatura que ha experimentado la región.

Zonas que solían tener temperaturas frescas en el año de 2002, actualmente tienen los mayores niveles de estrés térmico de manera continua, tanto en verano e invierno. Esto quiere decir que el cambio en el uso de suelo, concentración del parque vehicular, el color de las avenidas, la reducción de áreas verdes y el incremento demográfico han impactado de manera adversa el microclima urbano.

De acuerdo con las preguntas de investigación plasmadas en el protocolo de investigación, señalan la pertinencia de desarrollar un apartado donde se desarrollen los términos relacionados con la sustentabilidad, elementos urbanos y los problemas

ambientales urbanos suscitados a partir de una serie de factores que se interrelacionan entre sí. A partir de ello, el desarrollo de una metodología que permita la determinación de estrategias que permita mitigar el efecto adverso de las islas de calor urbano, lo cual permitió comprender y analizar la pertinencia de desarrollar una investigación de esta índole.

Respecto a la metodología implementada para realizar el diagnóstico, permitió de manera flexible realizar la determinación del comportamiento de las islas de calor de forma flexible, ya que gracias a la fuente de obtención de los insumos Earth Explorer, es posible analizar el comportamiento de las islas de calor casi en cualquier fecha, teniendo en cuenta las limitaciones que se pueden enfrentar, por ejemplo, sesgos en la información o la interferencia de variables climáticas que afectan los resultados.

El alcance de esta investigación, a través del diseño de propuestas urbano arquitectónicas, busca contribuir al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 11. Ciudades y comunidades sostenibles y Objetivos de Desarrollo Sostenible 13. Acción por el clima. Dichas acciones se busca implementarlas a través del sector público o privado que busquen implementar arquitectura sustentable o patrocinar apoyos a la comunidad.

Las fuentes principales de generación de calor antrópico que generan el fenómeno de islas de calor urbano en Metepec, son: albedo e infraestructura, vegetación reducida, vehículos, los equipos de aire acondicionado, los edificios y las instalaciones industriales emiten calor al ambiente urbano, la geometría urbana, meteorología y geografía, componentes que fueron analizados a través de sistemas de Teledetección, con la finalidad de utilizar esos elementos que propician el calor urbano, como estrategia para reducir las temperaturas de la ciudad.

Siguiendo el método Hipotético-Deductivo de Karl Popper, se planteó la hipótesis: Analizar la forma y componentes de la ciudad para determinar sus aciertos y áreas de oportunidad para seleccionar de forma estratégica aquellas infraestructuras que podrían fungir como corredores de ventilación urbana, podría representar una

alternativa de solución a mediano plazo para mejorar las condiciones relacionadas con la degradación del medio ambiente urbano. Por lo tanto, los corredores de ventilación urbana, son una estrategia adecuada para mitigar los efectos adversos de las islas de calor en el municipio de Metepec, Estado de México.

Después del análisis realizado, se valida la hipótesis al determinar las rutas con mayor estrés térmico o contaminación atmosférica, y su cercanía con áreas cuya rugosidad de superficie con menor resistencia al flujo de viento, cuya velocidad y dirección de viento sea favorable para la dispersión de contaminantes, además del enfriamiento de las superficies.

En contraste, las caracterizaciones desarrolladas cumplen con diversos objetivos: la descripción biofísica y sociodemográfica, se realizó para analizar el eje del desarrollo y transformación. El análisis del marco legal, corresponde al eje de planeación, políticas estatales, instituciones y poder que pueden hacerlas valer. Finalmente, el acercamiento a la población con ayuda del método etnográfico, haciendo uso de instrumentos como encuestas, se relaciona con el eje filosófico-epistemológico, donde se indaga la percepción del usuario ante el espacio donde habita.

Los corredores de ventilación urbana como estrategia para reducir la contaminación ambiental atmosférica de la ciudad, en caso del municipio de Metepec, muestran viabilidad en cuanto a su implementación dentro de la ciudad, ya que sus elementos se pueden ajustar de acuerdo a las características que permitan reflejar la temperatura, reducir el estrés térmico, además de la integración de mayores áreas verdes, situación que brindará una serie de ventajas, entre ellas: mayor grado de humedad en el ambiente, reducción de contaminantes atmosféricos, habrá sombra para los usuarios, además de mejorar la imagen urbana.

En el caso del Corredor de ventilación A- Pino Suárez, es el corredor seleccionado con mayor extensión y mayor complejidad en cuanto a los elementos que le integran. Abarca un tramo del municipio de Metepec, lugar donde, de acuerdo con la zonificación, se desarrollan la mayor parte de actividades económicas comerciales

del municipio, por lo que hay mayor grado de complejidad para rediseñar nuevos elementos urbanos.

Los puntos más cálidos se describen de la siguiente forma: presencia de plazas comerciales, grandes estacionamientos, asentamientos humanos con morfología urbana reticular cuya infraestructura favorece la concentración de calor, al contar con sistemas de aire acondicionado, los establecimientos comerciales y educativos que consumen grandes cantidades de energía, concentración de usuarios y congestión de parque vehicular en las vialidades.

Al tratarse de una zona altamente urbanizada, es necesario contemplar soluciones que se enfoquen en su mayoría en la infraestructura urbana, partiendo desde el color de los techos, considerar la posibilidad de integrar áreas verdes donde haya el espacio adecuado. Dichas estrategias se proponen debido a que representan menores costos de inversión. Por otra parte, utilizar material altamente reflectivo y poroso en vialidades, ayudaría a reducir el grado de estrés térmico y favorecería la filtración de agua al subsuelo, por lo que el grado de humedad incrementaría favorablemente, sin embargo, esta estrategia es costosa.

El Corredor de ventilación B- Avenida Tecnológico, fue seleccionado por representar nivel de estrés medio, los puntos más cálidos están conformados por plazas comerciales. Al realizar el análisis de las imágenes satelitales, se observó que el diseño de los estacionamientos influye en el comportamiento de la temperatura en la zona. Los elementos urbanos presentes en el corredor como parques ambientales y clubs deportivos favorecen la reducción de la temperatura.

Es una zona con densidad de construcción media, donde el principal amortiguador de temperatura es el Parque Ambiental Bicentenario. Por otra parte, asentamientos humanos como el Fraccionamiento Rancho La Virgen, tiene un diseño que favorece la ventilación del lugar, al tener morfología radial que incluye áreas verdes en su diseño. La ruta de ventilación está conformada por lugares con baja densidad de construcción, lotes baldíos o destinados al uso agrícola, por lo que, en esta zona,

donde posiblemente se expandirá la mancha urbana en el futuro, se sugiere la planeación urbana con el objetivo de preservar las áreas verdes que tiene, o utilizar materiales de pavimentación que permitan la filtración de agua al subsuelo, colocándolas desde un inicio para reducir los costos en cuanto al diseño de una ciudad que busca mejorar su calidad ambiental.

Finalmente, Corredor de ventilación C- Avenida Estado de México, es el corredor de ventilación con menor estrés térmico y menor complejidad en sus componentes. El punto más cálido es la zona Residencial Foresta, cuya principal razón de concentración de temperatura podría ser el color de las edificaciones. Por otra parte, las zonas de compensación se refieren principalmente a zonas ejidales o colonias agrícolas, donde la posibilidad de concentración de temperaturas se basa en el diseño arquitectónico de las viviendas, color de las vialidades e incluso los insumos utilizados en la producción agrícola, factor que contamina la atmósfera del lugar.

La ruta de ventilación de este corredor, desemboca en puntos con alto nivel de humedad, que llevan hacia las Ciénegas de Lerma, área natural que experimenta problemas de contaminación, por lo que sería viable analizar el comportamiento de estos dos factores ambientales a largo plazo, para determinar si son mayores los beneficios ambientales o las afecciones.

Los corredores de ventilación urbana representan la importancia de preservar las áreas verdes en la ciudad, planear los asentamientos humanos en cuanto a su distribución de zonas habitacionales y diseño urbano-arquitectónico, donde el color de la vivienda y del techo serán factores que determinarán el grado de estrés térmico tanto para la vivienda (micro escala) y la ciudad (macro escala). Son una estrategia de acupuntura urbana que no discrimina asentamientos humanos regulares e irregulares, planeados o no, donde sus componentes ofrecen una alternativa a cada lugar que conforme la ciudad, se trabajará con los elementos existentes en búsqueda de mejorar la calidad ambiental urbana y la habitabilidad de las ciudades.

Finalmente, la planeación y selección de corredores de ventilación urbana, se describen de esta manera: los beneficios sociales al implementarse más áreas verdes o cuerpos/espejos de agua, donde sea posible implementarlos, se relacionan con la salud y bienestar para los usuarios, les permite relajarse, reducir el estrés, favorece la salud física (al reducir los contaminantes atmosféricos) y mental, además de favorecer la integración social.

Los beneficios de los corredores de ventilación urbana se relacionan con el establecimiento de sitios para la integración de biodiversidad, reducción de inundaciones, mitigación de efectos adversos consecuencia del cambio climático y cambio en el microclima urbano, además de desempeñar funciones de un sistema de enfriamiento evaporativo en las ciudades, además de reducir la concentración de contaminantes atmosféricos.

Los beneficios económicos que trae consigo la presencia de áreas verdes y espacios azules, son factores que inciden en el precio de los inmuebles, representan el ahorro de consumo energético que demandan los sistemas de refrigeración, además de ser estrategias que favorecen la habitabilidad urbana ya que utilizan los insumos ya presentes en la ciudad, cuyo objetivo es modificar el entorno arquitectónico a favor del medio ambiente.

Las ciudades se seguirán modificando, seguirán creciendo, y con ello vendrán nuevas demandas para la satisfacción de necesidades, entre ellas, residir en un ambiente limpio, saludable y habitable. Las temperaturas siguen incrementando en varias partes del mundo, y las ciudades han sido uno de los factores que ha impulsado esta situación, sin embargo, a través del trabajo interdisciplinario, participación ciudadana e involucramiento de los actores de la sustentabilidad, aunado con el compromiso de crear una sociedad sustentable, se puede lograr el objetivo de lograr controlar los efectos del cambio climático.



Fuentes de consulta

Bibliografía

Abranches, S. y Viola, E. (2009). Cambio climático. En *A Medio camino, nuevos desafíos de la democracia y del desarrollo en América Latina*, pp. 160-194. Uqbar editores.

Akbari, H., Cartalis, C., Kolokotsa, D., Muscio, A., Pisello, A.L., Rossi, F., Santamouris, M., Synnef, A., Wong, N. H. y Zinzi, M. (2015). Técnicas de mitigación del cambio climático local y las islas de calor urbanas: el estado del arte. *Revista de ingeniería civil y gestión*, 22 (1), pp. 1-16.

Alberti, M. (2008). Advances in urban ecology. Primera Edición. Springer-Verlag.

Alcoforado, J. M. & Andrade, H. (2008). Global warming and the urban heat. En, Marzluff, M. J., E. Shulenberger, W. Endlicher, M. Alberti, G. Bradley, C. Ryan, U. &Simon, C. ZumBrunnen (eds.). *Urban Ecology*, pp. 249-262. Springer-Verlag.

Alexander P. J. & Mills, G. (2014). Local climate classification and Dublin´s urban heat island. *Atmosphere*. 5, 755-774. DOI:10.3390/atmos5040755.

Anastas, P. & Eghbali, N. (2010). Green Chemistry: Principles and Practice, *Chemical Society Reviews*. 39(1), pp. 301-312 Disponible en: https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2010/cs/b918763b

Anyanwu, E. C. & Kanu, I. (2006). The role of urban forest in the protection of human environmental health in geographically prone unpredictable hostile weather conditions. *International journal of Environmental Science*. 3 (2). 197-201. DOI: DOI:10.1007/BF03325926

Armstrong, D. (2000). A survey of community gardens in upstate New York: Implications for health promotion and community development. *Health & Place*. 6(4), 319–327. DOI: https://doi.org/10.1016/S1353-8292(00)00013-7

Baltazar J. O., Martínez, M. y Hernández, L. (2004). Guía de plantas comunes del Parque Nacional "El Cimatario" y sus alrededores. Primera edición. Universidad Autónoma de Querétaro, SEMARNAT. Disponible en https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2018/CD003341.pdf

Banegas, J.R., Rodríguez, F. y del Rey, J. (2000). Popper y el problema de la inducción en epidemiología. *Revista Española de Salud Pública*. 4 (74), pp. 327-339.

Bao-Jie, H., Lan, D. & Deo, P. (2019). Enhancing urban ventilation performance through the development of precinct ventilation zones, a case study based on the Greater Sydney. *Sustainable Cities and Society*. 47, 101472. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101472

Bazant, J. (2016). Criterios Bioclimáticos urbano-arquitectónicos y ahorro de energía en Hacia un desarrollo urbano sustentable. LIMUSA. México, D.F. pp. 101-136.

Bermejo, R. (2018). Del desarrollo sostenible según Brundtland a la sostenibilidad como biomimesis. Primera edición. Hegoa. Disponible en https://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/U0686956.pdf

Bottema, M. (1997). Urban roughness modelling in relation to pollutant dispersion. *Atmospheric Environment*, 31(18), 3059–3075. DOI: https://doi.org/10.1016/S1352-2310(97)00117-9

Bourassa, S. C., Hoesli, M., & Sun, J. (2004). What's in a View? Environment & Planning A. *Economy and Space*. 36(8), 1427–1450.

Brand, U. y Gorg, Ch. (2000). Contradicciones sustentables: el papel de las ONGs en la política internacional de la biodiversidad. *Estudios Latinoamericanos, Nueva Época*, 7(14), pp. 45-69.

Campbell-Lendrum, D. & Corvalán, C. (2007). Climate change and developing-country cities: Implications for environmental health and equity. *J. Urban Health*, 84 (11), pp. 109-117.

Cárdenas, G. (2015). Ciudades inteligentes, *¿Cómo ves?*, 202 (1), pp. 10-14.

Cariolet, J. M., Colombert, M., Vuillet, M., & Diab, Y. (2018). Assessing the resilience of urban areas to traffic-related air pollution: Application in Greater Paris. *The Science of the Total Environment,* 615, 588–596. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.09.334

Chen, H., Ryozo, O., Hang, H. & Takash, T. (2009). Study on mitigation measures for outdoor thermal environment on present urban blocks in Tokyo using coupled simulation. *Building and Environment.* 44 (11), 2290–2299. DOI:10.1016/j.buildenv.2009.03.012

Chen, Q., Cheng, Q., Chen, Y., Li, K. & Jing, C. (2021). Analysis of the influence of the urban building sky view factor on land surface thermal environment. *Remote Sensing*. 46 (1), pp. 148–155.

Chen Sander, H. A. & Zhao, C. (2015). Urban green and blue: Who values what and where? *Land Use Policy*. 42. 194–209. DOI: https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2014.07.021

Chester, E. T., & Robson, B. J. (2013). Anthropogenic refuges for freshwater biodiversity: Their ecological characteristics and management. *Biological Conservation*, 166, 64–75. DOI: https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.06.016

Chi, Q., Zhou, S., Wang, L., Zhu, M., Liu, D., Tang, W., Cui, Y. & Lee, J. (2021). Exploring on the Eco-Climatic Effects of Land Use Changes in the Influence Area of the Yellow River Basin from 2000 to 2015. *Land*. 10 (6). 601. DOI:10.3390/land10060601

COESPO. (2019). Proyecciones de población de los municipios del Estado de México 2019-2030. Primera edición. EDOMEX. Disponible en https://coespo.edomex.gob.mx/sites/coespo.edomex.gob.mx/files/files/2019/Nuevos/proyecciones%20.pdf

Colunga, M., Cambrón, V. H., Suzán, H., Guevara, A. & Luna, H. (2015). The role of urban vegetation in temperature and heat island effects in Querétaro city, Mexico. *Atmósfera*. 28 (3). 205-218. DOI: 10.20937/ATM.2015.28.03.05.

Dang, B., Fang, X., Lv, H., Cheng, C., Du, W., Liu, Y., Zhang, S. & Yang, F. (2017). Preliminary Study on Building Urban Ventilation Corridors Based on Meteorological Research—Taking Nanjing Jiangbei New Region as the Example. *Meteorol. Mon*. 43, 1130–1137.

Dayan, E. y Harari, R. (2014). Agricultura en Metepec. Primera Edición. Museo del barro, Metepec. Disponible en

https://www.eduardodayan.com/_files/ugd/3e1e7c_3b236e6becb442b896358de10d42ddaa.pdf

Doick K. & Hutchings, T. (2013). Air temperature regulation by urban trees and green infrastructure. Forestry Research. Forestry Commission. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/259889679_Air_temperature_regulation_by_urban_trees_and_green_infrastructure

Dolores, D. y Gabriel, J. N. (2018). Delimitación Hidrográfica y Caracterización Morfométrica de la Cuenca del Río Anzulón. Ediciones INTA. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta-_delimitacion_y_caracterizacion_de_la_cuenca_del_rio_anzulon_1.pdf

Edussuriya, P., Chan, A., & Ye, A. (2011). Urban morphology and air quality in dense residential environments in Hong Kong. Part I: District-level analysis. *Atmospheric Environment*, 45(27), 4789–4803. DOI: https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2009.07.061

Eicker U. (2009). Low energy cooling for sustainable buildings. 1st ed. John Wiley & Sons.

Emmanuel M. R. (2005). An urban approach to climate-sensitive design: Strategies for the tropics. First edition. Spon Press, Oxfordshire.

Ernstson, H. (2013). The social production of ecosystem services: A framework for studying environmental justice and ecological complexity in urbanized landscapes. *Landscape and Urban Planning*. 109(1). 7–17. DOI: https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.10.005

Fang, Y., Gu, K., Qian, Z., Sun, Z., Wang, Y., & Wang, A. (2021). Performance evaluation on multi-scenario urban ventilation corridors based on least cost path. *Journal of Urban Management*. 10 (18), pp. 3-15. https://doi.org/10.1016/j.jum.2020.06.006

Fernández, F. (1996). El clima urbano. en Manual de climatología aplicada. Madrid: Síntesis.

Formica, A. E., Burnside, R. J., & Dolman, P. M. (2017). Rainfall validates MODIS-derived NDVI as an index of spatio-temporal variation in green biomass across non-montane semi-arid and arid Central Asia. *Journal of Arid Environments*, 142, 11–21. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2017.02.005

Foster, R. S. & Blaine, J. (1978). Urban trees survival: Trees in the sidewalk. J. Arboric. 4(1). Pp. 14-17.

Friedmann, J. (1987). Planning in the Public Domain: from knowledge to action. Princeton University Press.

García, E. (1964). Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. 5ta edición. Instituto de Geografía-UNAM.

García, O. R., Tejeda, A. & Bojórquez, G. (2009). Urbanization effects upon the air temperature in Mexicali, B. C., México. *Atmósfera*. 22 (4). 349-365. Disponible en https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-62362009000400002

Garnier, L. (2004). Desarrollo desigual y 'capitalismo a medias': elementos para un modelo y para una historia. En *Anuario Social y político de América Latina y El Caribe*, No. 7. UNESCO.

Ghosh, M. K., Kumar, L., & Roy, C. (2015). Monitoring the coastline change of Hatiya Island in Bangladesh using remote sensing techniques. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 101, 137–144. DOI:10.1016/j.isprsjprs.2014.12.009

Gill, E. S., Handley J. F., Ennos A. R. & Pauleit, S. (2007). Adapting cities for climate change: the role of green infrastructure. *Built Environ*. 33 (1), pp.115-133.

Gobierno del Estado de México. (2018). Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire en el Estado de México, PROAIRE 2018-2030.1° ed. Secretaría del Medio Ambiente.

Grimm, N. B., Faeth, S. H., Golubiewski, N. E., Redman, C. L., Wu, J., Bai, X. & Briggs, J. M. (2008). Global Change and the Ecology of Cities. *Science*, 319864 (1), pp. 7560-7760.

Grimmond, S. U. E. (2007). Urbanization and global environmental change: local effects of urban warming. *The Geographical Journal*, 173(1), pp. 83-88.

Gutiérrez, J. J. (2012). El planificador y su ámbito de desarrollo profesional: 25 años de experiencia. En *Una visión retrospectiva*, pp. 37-52. Universidad Autónoma del Estado de México.

Hall, P. (2002). Urban and Regional Planning. Fourth Edition. Routledge.

He, X., Jiang, W., Chen, Y. & Liu, G. (2007). Numerical simulation of the impacts of anthropogenic heat on the structure of the urban boundary layer. *Theoretical and Applied Climatology*. 50, 75–83. DOI: 10.1007/s00704-008-0054-0

He, B. J. (2018). Potentials of meteorological characteristics and synoptic conditions to mitigate urban heat island effects. *Urban Climate*, 24, 26–33. DOI: https://doi.org/10.1016/j.uclim.2018.01.004

He, B. J., Ding, L., & Prasad, D. (2019). Enhancing urban ventilation performance through the development of precinct ventilation zones: A case study based on the greater Sydney, Australia. *Sustainable Cities and Society*, 47, 101472. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101472

Hernández, A. (2008). El método hipotético-deductivo como legado del positivismo lógico y el racionalismo crítico: su influencia en la economía. *Ciencias económicas*. 26 (2), pp. 183-195.

Hernández, I., Álvarez, G., Gilbert, H., Xaman, J., Chávez, B. & Shah, B. (2014). Thermal performance of a concrete cool roof under different climatic conditions of Mexico. *Energy Procedia*. 57. 1753 – 1762. DOI: 10.1016/j.egypro.2014.10.164

Higgins, S. L., Thomas, F., Goldsmith, B., Brooks, S. J., Hassall, C., Harlow, J., Stone, D., V¨olker, S., & White, P. (2019). Urban freshwaters, biodiversity, and human health and well-being: Setting an interdisciplinary research agenda. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*. 6 (2). DOI:10.1002/wat2.1339.

Hong, B., & Lin, B. (2015). Numerical studies of the outdoor wind environment and thermal comfort at pedestrian level in housing blocks with different building layout patterns and trees arrangement. *Renewable Energy*, 73, 18–27. DOI: https://doi.org/10.1016/j.renene.2014.05.060

Icazuriaga, C. y Osorio, L. E. (2007). La relación periferia-centro en la ciudad de Querétaro mediante las prácticas de movilidad y consumo. *Alteridades*. 17 (33). 21-41. Disponible en https://www.scielo.org.mx/pdf/alte/v17n33/v17n33a3.pdf

INEI. (2017). Definiciones y conceptos, en Participación de la Población en la Actividad Económica. 147-148. Disponible en https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1676/06.pdf

INEGI. (s.a.). Clasificación para actividades económicas. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Disponible en https://www.inegi.org.mx/rnm/index.php/catalog/209/download/6081#:~:text=a%20esta%20clasificaci%C3%B3n.-,Actividad%20econ%C3%B3mica,la%20producci%C3%B3n%20agropecuaria%20de%20autoconsumo

Instituto Nacional de Estadistica y Geografía (INEGI). (2011). Censo de población y vivienda, viviendas particulares habitadas y su distribución porcentual según material en techos para cada tamaño de localidad 2011. Disponible en https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825197520.pdf

Jan, F. C., Hsieh, C. M., Ishikawa, M., & Sun, Y. H. (2013). The influence of tree allocation and tree transpiration on the urban microclimate: An analysis of a subtropical urban park. *Environment and Urbanization ASIA*, 4(1), 135–150. DOI: 10.1177/0975425313477751

Kang, H.-Q., Zhu B., Zhu T., Sun J.-L. & Ou, J.J. (2014). Impact of Megacity Shanghai on the Urban Heat Island Effects over the Downstream City Kunshan, *Boundary-Layer Meteorol*. 1 (1), pp. 1–16.

King, R. (2012). Geography and migration studies: Retrospect and prospect. Population, *Space and Place.* 18(2), 134–153. DOI: 10.1002/psp.685.

Labaki, L.C. & Granja, A. D. (2003). Influencia del color de la superficie externa en el flujo de calor periódico a través de un techo sólido plano con variable resistencia termica. En t. *J. Investigación energética*. 27. 771-779.

Lan, H., Lau, K., Shi, Y. & Ren, C. (2021). Improved urban heat island mitigation using bioclimatic redevelopment along an urban waterfront at Victoria Dockside, Hong Kong. *Sustainable Cities and Society*. 74 (3), 103172. DOI: 10.1016/j.scs.2021.103172

Landa, R., Ávila, B. y Hernández, M. (2010). Cambio Climático y Desarrollo Sustentable. Primera edición. British Council, PNUD, UNESCO, IMTA, Flacso.

Landa, R. y Alfie, M. (2016). Antecedentes y principios del desarrollo sustentable. En *Sustentabilidad, una visión multidisciplinaria*. (pp. 17-32). Casa abierta al tiempo. Universidad Autónoma Metropolitana.

Leyden, K. M. (2003). Social capital and the built environment: The importance of walkable neighborhoods. *American Journal of Public Health*. 93(9), 1546–1551. DOI:10.2105/AJPH.93.9.1546.

Li, H., Harvey, J. T., Holland, T. J. & Kayhanian, M. (2013). Corrigendum: The use of reflective and permeable pavements as a potential practice for heat island mitigation and storm water management. *Environmental Research Letters*. 8. DOI:10.1088/1748-9326/8/1/01502314.

Lin, W., Wu, T., Zhang, C. & Yu, T. (2011). Carbon savings resulting from the cooling effect of green areas: a case study in Beijing. *Environmental Pollution*. 159 (9). 2148-2154. DOI: https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.02.035

Liu, S. & Shen, J. (2010). Urban ventilation channel planning method based on local circulation: A case study of Stuttgart, Germany. *J. Zhejiang Univ*. (Eng. Sci.) 44, 1985–1991. DOI: 10.3785/j.issn.1008-973X.2010.10.024

Liu, H., He, X., Miao, S., Yu, B., Wei, L. & Wang, X. (2019). A Study on Meteorological Effect of the Hangzhou Ventilation Corridors Based on High Resolution Numerical Simulation. *Climatic and Environment Research*. 24, 22–36. DOI: 10.3878/j.issn.1006-9585.2018.18027

Liu, D., Zhou, S., Wang, L., Chi, Q., Zhu, M., Tang, W., Zhao, X., Xu, S., Ye, S., Lee, J. & Cui, Y. (2022). Research on the Planning of an Urban Ventilation Corridor Based on the Urban Underlying Surface Taking Kaifeng City as an Example. *Land*. 11 (206). 1-15. DOI: https://doi.org/10.3390/land11020206

López, V. (2012). Sustentabilidad y Desarrollo Sustentable. Origen, precisiones conceptuales y metodología operativa. 1º ed. Trillas.

Luo, Y. W., He, J., & Ni, Y. L. (2017). Analysis of urban ventilation potential using rule-based modeling. *Computers, Environment and Urban Systems*, 66 (1), pp. 13–22.

Marzena, W., Andreas, W., & Katarzyna, O. S. (2017). Detection of ventilation corridors using a spatio-temporal approach aided by remote sensing data. *European Journal of Remote Sensing*, 50(1), 254–267. DOI: https://doi.org/10.1080/22797254.2017.1318672

Michels, C., Lamberts, R. & Guths, S. (2008). Evaluation of heat flux reduction provided by the use of radiant barriers in clay tile roofs. *Energy and Buildings*. 40 (4). 445-451. DOI: https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2007.03.013.

Naciones Unidas. (2012). El futuro que queremos (1.a ed.). Naciones Unidas. Disponible en https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/764Future-We-Want-SPANISH-for-Web.pdf

Naciones Unidas. (2016). Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Una oportunidad para América Latina y el Caribe. Primera edición. CEPAL. Disponible en https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/311197/agenda-2030-y-los-objetivos-de-desarrollo-sostenible.pdf.

Noble, S., McLennan, D., Noble, M., Plunkett, E., Gutacker, N., Silk, M., & Wright, G. (2019). The English indices of deprivation 2019 - research report. London. Recuperado de https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/833947/IoD2019_Research_Report.pdf.

O´Hara, J. K. & Georgakakos K. P. (2008). Quantifying the urban water supply impacts on climate change. *Water Resour. Manage*. 22(3), pp. 1477-1492.

Oke, T. R. (1982). The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108(455), 1–24. DOI:10.1002/qj.49710845502

Oke, T. (2006). Towards better scientific communication in urban climate. *Theoretical and Applied Climatology*, 84 (1), pp. 179-190.

Olvera, A. (1998). Problemas conceptuales en el estudio de las organizaciones civiles: de la sociedad civil al tercer sector. En *De lo cívico a lo público: una discusión de las organizaciones civiles, México*. Red Mexicana de Investigadores de Organismos Civiles.

Olvera, A.J. (2009). Las leyes de participación ciudadana en México: proyectos políticos, estrategias legislativas y retos estratégicos en la democratización futura. Disponible en http://gobernacion.gob.mx/work/models/SEGOB/Resource/946/4/images/OlveraEntregable3_leyes_de_participacion_ciudadana.pdf

Ordoñez, J. (2011): Cartilla Técnica: ¿Qué es una cuenca hidrológica? Sociedad Geográfica de Lima, Perú.

Ortega, R. y Rodríguez, I. (1994). Contaminación. En *Manual de Gestión del Medio Ambiente*, pp. 155-228. Fundación MAPFRE.

Ortiz, V. M. (2009). La casa, una aproximación. 2o edición. Universidad Autónoma Metropolitana.

Parker, D. & Barkazi, S. (1997). Roof solar reflectance and cooling energy use: field research results from Florida. *Energy and Buildings*. 25 (2). 105-115. DOI: https://doi.org/10.1016/S0378-7788(96)01000-6

Popper, K. (1959). The logic of Scientific Discovery. First edition. Harper Torchbooks.

Popper, K. & Miller, D. W. (1987). Why probabilistic support is not inductive. *Philosophical transactions of the royal society of London*. 1562 (321), pp. 569-596. Disponible en https://royalsocietypublishing.org/doi/pdf/10.1098/rsta.1987.0033

Prashad, L. (2014). Urban Heat Island. En *Encycl. Remote Sens*. pp. 878–881. SpringerLink.

Ramírez, B. R. (2003). Modernidad, posmodernidad, globalización y territorio. Primera edición. Universidad Autónoma Metropolitana.

Raymond, C. M., Gottwald, S., Kuoppa, J., & Kyttä, M. (2016). Integrating multiple elements of environmental justice into urban blue space planning using public participation geographic information systems. *Landscape and Urban Planning*. 153, 198–208. DOI: https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.05.005.

Reid, A. J., Carlson, A. K., Creed, I. F., Eliason, E. J., Gell, P. A., Johnson, P. T. J., Kidd, K. A., MacCormack, T. J., Olden, J. D., Ormerod, S. J., Smol, J. P., Taylor, W. W., Tockner, K., Vermaire, J. C., Dudgeon, D., & Cooke, S. J. (2019). Emerging threats and persistent conservation challenges for freshwater biodiversity. *Biological Reviews*, 94(3), 849–873. DOI:10.1111/brv.12480.

Rizwan, A. M., Dennis, Y. C. L. & Liu, C. (2008). A review on the generation, determination and mitigation of urban heat islands. *Journal of Environmental Sciences*, 20 (1), pp. 120-128.

Rodríguez, L. (2017). El desarrollo de las ONG de México y su coincidencia con los Objetivos para el Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas. *CIRIEC-España, Revista de Economía Pública, Social y Cooperativa*, 91(1), pp. 59-84. Disponible en https://www.redalyc.org/pdf/174/17454620003.pdf

Romero S., Morales, C. C. & Némiga, X. A. (2011). Identificación de las islas de calor en verano e invierno en la ciudad de Toluca, México. *Revista de Climatología* 11, 1-10. Disponible en https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7416973

Salas, M. G. y Herrera, L. C. (2017). La vegetación como sistema de control para las islas de calor urbano en Ciudad Juárez, Chihuahua, *Habitat Sustentable*, 7 (1), pp. 15-23.

Santamouris, M., Cartalis, C., Synnefa, A. & Kolokotsa, D. (2015). On the impact of urban heat island and global warming on the power demand and electricity consumption of buildings. *Energy and Buildings*, 98 (1), pp. 119-124.

Santos C. & Matias L. (2006). Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios, en: *ICT Informacão Técnica, Edifícios-ITE 50*. 1-86. Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

Schjetnan, M., Peniche, M. y Calvillo, J. (1984). Principios de diseño urbano ambiental. Primera edición. Grupo de Diseño Urbano.

Schejtnan, M., Calvillo, J. y Peniche, M. (2008). Principios del diseño urbano ambiental. 2ª ed. Limusa.

Serrano, H. (2012). El despliegue de la planeación del desarrollo urbano y la gestión ambiental en el estado de México. Breve reseña de 1972-1990. En *Una visión retrospectiva*, pp. 29-35. Universidad Autónoma del Estado de México.

Serrano, A. (2015). La participación ciudadana en México. *Estudios políticos.* 9(34), pp. 93-116. Disponible en https://www.redalyc.org/pdf/4264/426439555004.pdf

Seto, K. C., Güneralp, B., & Hutyra, L. R. (2012). Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. Proceedings of the National Academy of *Sciences of the United States of America*, 109(40), 16083–16088. DOI:10.1073/pnas.1211658109.

Shettler, T. (2000), Generations at Risk: Reproductive Health and the Environment. (*Clinical research ed.*). 320(7241). MIT Press.

Simpson J.R. & McPherson, E.G. (1997). The effects of roof albedo modification on cooling loads of scale model residences in Tucson, Arizona. *Energy and Buildings*. 25 (2). 127-137. DOI: https://doi.org/10.1016/S0378-7788(96)01002-X

Sinnathamby G., Gustavsson H., Korkiala- Tanttu L. & Cervera, C. P. (2014). Numerical Analysis of Seasonal Heat Storage Systems of Alternative Geothermal Energy Pile Foundations. *J. Energy Eng*, 141 (4).

Song, J., Chen, W., Zhang, J., Huang, K., Hou, B. & Prishchepov, A. (2020). Effects of building density on land surface temperature in China, Spatial patterns and determinants. *Landsc. Urban Plan*. 198, 103794.

Song, T., Duan, Z., Liu, J., Yan, F., Sheng, S., Huang, J. & Wu, W. (2015). Comparison of four algorithms to retrieve land surface temperature using Landsat 8 satellite. *Journal of Remote Sensing*. 19 (3), 451–464. DOI:10.11834/jrs.20154180

Soria & Mata, A. (27 de febrero de 1882). Cosas de Madrid: La línea recta. El Progreso, p. 1.

Stewart, I. D. (2011). A systematic review and scientific critique of methodology in modern urban heat island literature. *International Journal of Climatology*. 31 (2). 200-217. DOI:10.1002/joc.2141

Sun, R., Chen, A., Chen, L., & Lü, Y. (2012). Cooling effects of wetlands in an urban region: The case of Beijing. *Ecological Indicators*. 20, 57–64. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.02.006

Tejeda, A., Méndez, I. & Cruz, D. (2022). Domestic electricity consumption in Mexican metropolitan areas under climate change scenarios. *Atmósfera. UNAM.* 35 (3). 449-465. DOI: https://doi.org/10.20937/atm.52902

Thornhill, I., Hill, M.J., Castro, A., Gurung, H., Hobbs, S., Pineda, M., Gómez, M.T., Hernández, J.S., Novo, P., Mesa, A. & Calderon, R. (2022). Blue-space availability, environmental quality and amenity use across contrasting socioeconomic contexts. *Applied Geography*. 144. 1-11. DOI: https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2022.102716

UICN. (1980). Estrategia Mundial para la Conservación. (2.a ed.). UICN/ PNUMA/ WWF. Disponible en https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/WCS-004-Es.pdf

UN. (2018). World urbanization prospects. Edición 2018. United Nations. Disponible en https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Report.pdf.

Volker, S., Heiler, A., Pollmann, T., Claßen, T., Hornberg, C., & Kistemann, T. (2018). Do perceived walking distance to and use of urban blue spaces affect self-reported physical and mental health? *Urban Forestry and Urban Greening*. 29, 1–9. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.10.014

Völker, S., & Kistemann, T. (2011). The impact of blue space on human health and wellbeing–salutogenetic health effects of inland surface waters: A review. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 214(6). 449–460. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2011.05.001

Weng, Q. (2009). Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: Methods, applications, and trends. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 64 (1), pp. 335–344.

Weng, Q. P., Zhang, H., Bao, H. X., Liu, J. G., & Wu, H. (2015). Study on ventilation channels of Nanjing city. *Science Technology and Engineering*, 15(11), 89–94.

Wilby R. L. (2003). Past and projected trends in London's urban heat island. *Weather*. 58 (7). 251-260. DOI:10.1256/wea.183.02

Yan H., Fan, S., Guo, C., Hu, J. & Dong, L. (2014). Quantifying the impact of land cover composition on intra-urban air temperature variations at a mid-latitude city. *Plos ONE* 9 (7). DOI: 10.1371/journal.pone.0102124.

Yang, X., Chen, B. & Hu, K. (2015). Research progress on the impact of urbanization on extreme high temperature events. *Prog. Geogr*. 34, 1219–1228.

Yang, J., Wang, Y., Xue, B., Li, Y., Xiao, X., Xia, J. & He, B. (2021). Contribution of urban ventilation to the thermal environment and urban energy demand, Different climate background perspectives. *Science of The Total Environment*. 795, 148791. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148791

Yu, C. & Hien, W. N. (2006). Thermal benefits of city parks. *Energy and Buildings*. 38 (2). 105-120. DOI: https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2005.04.003

Yuan, C., Ren, C., & Ng, E. (2014). GIS-based surface roughness evaluation in the planning system to improve the wind environment —a study in Wuhan, China. *Urban Climate*, 10(3), 585–593. DOI: https://doi.org/10.1016/j.uclim.2014.06.005

Yunhao, F., Kangkang, G., Zhao, Q., Zhen, S., Yongzheng, W. & Ai, W. (2021). Performance evaluation on multi-scenario urban ventilation corridors based on least cost path. *Journal of Urban Management*. 10. 3-15. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jum.2020.06.006

Zambrano, R., Cantos, C., Chilán, D. y Cantos, G. (2019). La composición biofísica en el Ordenamiento Territorial, un desafío urgente en la provincia de Manabí. *La Técnica, Revista de Agrociencias*. 1 (22), 57-76.

Zhang, Y. & Zhai, X. (2017). Research on Strategies for Mitigation of Urban Heat Island. *Build. Sci*. 33 (1), pp. 142–151.

Zhang, F., Liu, Y., Xu, F. & Cheng, C. (2019). Research and Application of Urban Surface Ventilation Potential: Cases of Beijing and Guangzhou. *Planners*, 35, 32–40.

Zhang, A. & Zhang, X. (2019). Land surface temperature retrieved from Landsat-8 and comparison with MODIS temperature product. *Journal of Beijing Forestry University*. 41, 1–13. Disponible en https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20193278355

Zheng, Y. T., Han, J. C., Huang, Y. F., Fassnacht, S. R., Xie, S., Lv, E. Z., & Chen, M. (2018). Vegetation response to climate conditions based on NDVI simulations using stepwise cluster analysis for the Three-River Headwaters region of China. *Ecological Indicators*, 92, 18–29. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.06.040

Fuentes Oficiales

Ayuntamiento de Metepec. (2016). Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Metepec. Disponible en http://seduv.edomexico.gob.mx/planes_municipales/metepec/PMDUMet.pdf

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (31-10-2014). Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera. Disponible en https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGEEPA_MPCCA_311014.pdf

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (09-01-2015). Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Disponible en https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFsr/148.pdf

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (13-07-2018). Ley General de Cambio Climático. Disponible en http://dsiappsdev.semarnat.gob.mx/datos/juridico/leyes/LG_DE_CAMBIO_CLIMATICO.pdf

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (01-06-2021). Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano. Disponible en https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGAHOTDU_010621.pdf

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (17-05-2022). Ley General de Movilidad y Seguridad Vial. Disponible en https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGMSV.pdf

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (16-05-2022). Ley General de Salud. Disponible en https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGS.pdf

Cámara de Diputados Secretarios de la H. LIII Legislatura del Estado. (07-08-1997). Ley de Protección al Ambiente para el Desarrollo Sustentable del Estado de México. Disponible en https://legislacion.edomex.gob.mx/node/1084

DOF. (09-03-1999). NMX-AA-011-1993-SCFI descrito en Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-042-ECOL-1999, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y partículas suspendidas provenientes del escape de vehículos automotores nuevos en planta, así como de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y diésel de los mismos, con peso bruto vehicular que no exceda los 3,856 kilogramos. Disponible en https://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=4945674

DOF. (07-09-2005). Norma Oficial Mexicana NOM-042-SEMARNAT-2003, que establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos totales o no metano, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y partículas provenientes del escape de los vehículos automotores nuevos cuyo peso bruto vehicular no exceda los 3,857 kilogramos, que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y diésel, así como de las emisiones de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible de dichos vehículos. Disponible en https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=2091196&fecha=07/09/2005#gsc.tab=0

DOF. (27-11-2012). Norma Oficial Mexicana NOM-076-SEMARNAT-2012, Que establece los niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno provenientes del escape, así como de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible, que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y otros combustibles alternos y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores con peso bruto vehicular mayor de 3,857 kilogramos nuevos en planta. Disponible en https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5279237&fecha=27/11/2012#:~:text=NORMA%20Oficial%20Mexicana%20NOM%2D076,usan%20gasolina%2C%20gas%20licuado%20de

DOF. (13-11-2013). NMX-AA-151-SCFI-2013 Evaluación de tecnologías reductoras de emisiones y/o de consumo de combustible para vehículos con motor de combustión interna – especificaciones. Disponible en http://legismex.mty.itesm.mx/normas/aa/nmx-aa-151-scfi-2013.pdf

DOF. (19-08-2014). Norma Oficial Mexicana NOM-020-SSA1-2014, Salud ambiental. Valor límite permisible para la concentración de ozono (O_3) en el aire ambiente y criterios para su evaluación. Disponible en https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5356801&fecha=19/08/2014#gsc.tab=0

DOF. (20-08-2014). Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2014, Salud ambiental. Valores límite permisibles para la concentración de partículas suspendidas PM10 y PM2.5 en el aire ambiente y criterios para su evaluación. Disponible en https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5357042&fecha=20/08/2014#gsc.tab=0

DOF. (10-06-2015). Norma Oficial Mexicana NOM-041-SEMARNAT-2015, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible. Disponible en https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5396063&fecha=10/06/2015#gsc.tab=0

DOF. (12/10/2018). Norma Oficial Mexicana NOM-050-SEMARNAT-2018, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos. Disponible: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5540855&fecha=12/10/2018#gsc.tab=0

GOB. (2021). Organismo de cuenca Lerma-Santiago-Pacífico. Títulos y volúmenes de aguas nacionales y bienes inherentes por uso de agua. Disponible en https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/661298/volxusoOCLSP08.pdf recuperado el 18 de agosto de 2022.

Gobierno de España. (s. a). Cuencas y subcuencas hidrográficas. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Disponible en https://www.miteco.gob.es/es/cartografia-y-sig/ide/descargas/agua/cuencas-y-subcuencas.aspx recuperado el 5 de diciembre de 2022.

Gobierno del Estado de México, (2017). Reglamento del Libro Quinto del Código Administrativo del Estado de México. Disponible en https://trijaem.gob.mx/wp-content/uploads/2018/10/REGLAMENTO-DEL-LIBRO-QUINTO-DEL-CODIGO-ADMINISTRATIVO-DEL-ESTADO-DE-MEXICO.pdf

Gobierno del Estado de México. (junio de 2005). Plan Regional de Desarrollo Urbano del Valle de Toluca. Disponible en http://seduv.edomexico.gob.mx/dgau/planes_regionales/prduvt/Doc%20PRDUVT.pdf

Gobierno del Estado de México. (19 de diciembre de 2013). Ley de cambio climático del Estado de México. Disponible en https://legislacion.edomex.gob.mx/sites/legislacion.edomex.gob.mx/files/files/pdf/ley/vig/leyvig202.pdf

Gobierno del Estado de México. (2018). Plan de Desarrollo del Estado de México 2017-2023. Primera edición. Gobierno del Estado de México. Disponible en https://edomex.gob.mx/sites/edomex.gob.mx/files/files/PDEM20172023.pdf

Gobierno del Estado de México. (01-09-2020). Reglamento del libro quinto del Código Administrativo del Estado de México. Disponible en https://legislacion.edomex.gob.mx/sites/legislacion.edomex.gob.mx/files/files/pdf/rgl/vig/rglvig107.pdf

Gobierno del municipio de Toluca. (1995). Reglamento general de mejoramiento ambiental del municipio de Toluca. H. Ayuntamiento de Toluca. Toluca, Estado de México.

Gobierno de Metepec, (2022). Plan de Desarrollo Municipal de Metepec 2022-2024. Disponible en https://metepec.gob.mx/pagina/documentos/mejora_regulatoria/plan_desarrollo_municipal/pdm_metepec_2022_2024.pdf

Grupo parlamentario del Partido Verde Ecologista de México. (07-08-1997). Ley de Protección al Ambiente para el Desarrollo Sustentable del Estado de México. Disponible en https://legislacion.edomex.gob.mx/sites/legislacion.edomex.gob.mx/files/files/pdf/ley/abr/leyabr033.pdf

H. Ayuntamiento de Metepec 2019-2021. (2019). Atlas de riesgos de Metepec. Disponible en https://metepec.gob.mx/pagina/documentos/gacetas/gacetas_2019/GACETA127a.pdf

H. Ayuntamiento de Metepec 2019-2021. (19 de noviembre de 2020). Código de Reglamentación Municipal de Metepec, Estado de México. Disponible en https://metepec.gob.mx/pagina/documentos/gacetas/gacetas_2020/GACETA86-2020.pdf

H. Ayuntamiento de Metepec. (05-02-2021). Bando Municipal de Metepec, Estado de México 2021. Disponible en https://legislacion.edomex.gob.mx/sites/legislacion.edomex.gob.mx/files/files/pdf/bdo/bdo2021/bdo057.pdf

H. Ayuntamiento constitucional de Toluca. (1994-1996). Manual de vegetación urbana. Toluca, Estado de México.

IEEC. (2020). Programa Estatal de Acción Ante el Cambio Climático. Primera edición. Secretaría del Medio Ambiente. Disponible en https://ieecc.edomex.gob.mx/sites/ieecc.edomex.gob.mx/files/files/Herramientas%20y%20Datos/5_PEACC/PEACC%202022.pdf

Secretaría de Comercio y fomento industrial. (1986). NMX-AA-023-1986 Protección al ambiente-contaminación atmosférica –terminología. Disponible en https://www.sinec.gob.mx/SINEC/Vista/Normalizacion/DetalleNMX.xhtml?pidn=ZlRHTmFZWld5dm9uSis5S2ZXTWJTZz09

Secretarios de la Cámara de Diputados. (13 -12- 2013). Ley General de Calidad del Aire y Protección a la Atmósfera. Disponible en https://aire.org.mx/wp-content/uploads/2019/10/BIBLIOTECA37.LEYCALIDADAIRE.pdf

SEMARNAT. (23-04-2003). Norma Oficial Mexicana NOM-048-SEMARNAT-1993. Que establece los niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos, monóxido de carbono y humo, provenientes del escape de las motocicletas en circulación que utiliza gasolina o mezcla de gasolina-aceite como combustible. Disponible en https://paot.org.mx/centro/normas/fed/pdf/nom-048-semarnat-1993.pdf

SEMARNAT. (16-07-2012). Norma Oficial Mexicana NOM-156-SEMARNAT-2012, Establecimiento y operación de sistemas de monitoreo de la calidad del aire. Disponible en http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/6656/1/nom-156-semarnat-2012.pdf

Mesografía

Árboles nativos. (2022). *Alamillo*. Disponible en https://www.arbolesnativos.com.mx/alamillo/ consultado el 29 de mayo de 2023.

Blanco, L. (2020). *Trueno: características, hábitat, taxonomía, propiedades*. Lifeder. Disponible en https://www.lifeder.com/trueno-ligustrum-lucidum/ consultado el 29 de mayo de 2023.

Bidiss. (2015). *Glosario de términos en Seguridad Social*. Disponible en http://biblioteca.ciess.org/glosario/content/unidad-habitacional consultado el 11 de enero de 2023.

Casa, G. (1997). *Hidrología léntica del estado de México*. Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB). Disponible en http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/hidro/rios/hidropolgw consultado el 3 de noviembre de 2022.

Casa, G. (1997). *Hidrología lótica del estado de México*. Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB). Disponible en http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/hidro/rios/hidrolingw consultado el 3 de noviembre de 2022.

CMM. (2022). *Centro Mario Molina para estudios estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente. Centro Mario Molina*. Disponible en https://centromariomolina.org/calidad-del-aire-2/ consultado el 4 de abril de 2022.

CMNUCC. (2021). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.* México ante el Cambio Climático. Disponible en https://cambioclimatico.gob.mx/convencion-marco-de-las-naciones-unidas-sobre-el-cambio-climatico/ recuperado el 14 de junio de 2022.

Cocina delirante. (s.a.). *Cuidados básicos del romero: 4 tips para tenerla en casa*. Cocina delirante. Disponible en https://www.cocinadelirante.com/tips/cuidados-planta-romero consultado el 31 de mayo de 2023.

CONAFOR. (8 de febrero de 2011). *Información General de la Región VIII, Lerma-Santiago-Pacífico.* CONAFOR. Disponible en http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/ver.aspx?articulo=1578&grupo=12 consultado el 2 de noviembre de 2022.

CONAGUA. (2019). *Normales Climatológica por Estado*. Gobierno de México. Disponible en https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=mex consultado el 4 de noviembre de 2022.

CONAGUA. (mayo de 2021). *Regiones hidrológicas (nacional)*. CONAGUA, Subdirección General Técnica. Disponible en http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=regionesHidrologicas&ver=mapa consultado el 2 de noviembre de 2022.

Del Castillo, G. (13 de mayo de 2022). *Los límites del crecimiento. Capítulo Argentino Club de Roma*. Disponible en https://www.clubderoma.org.ar/post/los-l%C3%ADmites-del-crecimiento consultado el 7 de septiembre de 2022.

Durán, J. M. (2017). *Retama de olor, gayomba, ginesta (Spartium junceum)*. José el jardinero. Disponible en https://www.joseeljardinero.com/retama-de-olor-spartium-junceum/ consultado el 31 de mayo de 2023.

Earth Explorer. (2023). USGS *Science for a changing world*. Disponible en https://earthexplorer.usgs.gov/ consultado el 18 de abril de 2023.

Enciclopedia Humanidades. (2016). *Reglamento. Enciclopedia Humanidades*. Disponible en https://humanidades.com/reglamento/ consultado el 14 de agosto de 2022.

EPA. (2023). *Heat Island Compendium.* United States Environmental Protection Agency. Disponible en https://www.epa.gov/heatislands/heat-island-compendium consultado el 15 de marzo de 2023.

Estado de México. (2022). *¿Qué es la Red?* Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la ZMVT. Disponible en https://rama.edomex.gob.mx/que_es_red consultado el 8 de junio de 2022.

Flores y Plantas.net. (2010). *Jacaranda mimosifolia*. Magazine online Flores y Plantas.net. Disponible en https://www.floresyplantas.net/jacaranda-mimosifolia/#:~:text=En%20cuanto%20a%20plagas%20puede,(fumagina)%20y%20Xanthomonas%20glandis consultado el 29 de mayo de 2023.

Flores y Plantas.net. (2018). *Acer negundo*. Magazine online Flores y Plantas.net. Disponible en https://www.floresyplantas.net/acer-negundo/ consultado el 29 de mayo de 2023.

Gobierno de México. (2015). *Normas Oficiales Mexicanas*. Gobierno de México. Disponible en https://www.gob.mx/salud/en/documentos/normas-oficiales-mexicanas-9705 consultado el 14 de agosto de 2022.

Gobierno del Estado de México -b. (2021). *Conjuntos urbanos*. Secretaría de Desarrollo Urbano y Obra. Disponible en https://seduo.edomex.gob.mx/conjuntos_urbanos#:~:text=El%20conjunto%20urbano%20es%20la,las%20obras%20de%20infraestructura%2C%20la consultado el 11 de enero de 2023.

Gobierno del Estado de México. (2021). *Plan Estatal de Desarrollo Urbano 2019*. Disponible en https://seduo.edomex.gob.mx/plan_estatal_de_desarrollo_urbano#collapseThree consultado el 19 de marzo de 2023.

Gobierno Municipal de Zapotlán. (2021). *Funciones de parques y jardines*. Zapotlán El Grande. Disponible en http://ciudadguzman.gob.mx/Pagina.aspx?id=47d38cb2-5d8f-45be-93b7-f6e3b1234292 consultado en junio de 2022.

Gómez, A. (2020). *Caracterización de una cuenca. Principios y Métodos*. Webinar COMEII. Disponible en https://www.riego.mx/files/webinars/webinar04.pdf recuperado el 5 de diciembre de 2022.

Gómez. R. (2022). *¿Qué Enfermedades y Plagas Atacan al Bambú?: [Identificar y Tratarlas]. Sembrar 100*. Disponible en https://www.sembrar100.com/arboles/bambu/enfermedades-y-plagas/ consultado el 31 de mayo de 2023.

Google Earth. (2023). *El globo terráqueo más detallado del mundo*. Google Earth. Disponible en https://www.google.com/intl/es-419/earth/ recuperado el 12 de junio de 2023.

Grupo Vasco del Capítulo Español. (2022). *Club de Roma Internacional*. Club de Roma, Grupo Vasco del Capítulo Español. Disponible en https://www.clubderomagv.org/club-de-roma-internacional/ consultado el 7 de septiembre de 2022.

Gutiérrez, I. (s. a.). *Forma y Estructura de la Ciudad*. Universidad Autónoma del Estado de México. Consulta web: http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/105697/Monografia_Forma%20y%20Estructura%20de%20la%20Ciudad.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=En%20el%20sistema%20irregular%20o,comprender%20para%20propios%20y%20extra%C3%B1os recuperado el 12 de octubre de 2022.

Husqvarna. (s.a-b). *Juniperus communis, la planta leñosa que resiste condiciones extremas. Husqvarna*. Disponible en https://tiendahusqvarna.com/blog/juniperus-communis/ consultado el 29 de mayo de 2023.

Husqvarna. (s.a-d). *Descubre el cotoneaster y cuáles son sus cuidados.* Husqvarna. Disponible en https://tiendahusqvarna.com/blog/cotoneaster/ consultado el 31 de mayo de 2023.

IGECEM. (2005-2020). *Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral del Estado de México IGECEM*. Secretaría de Finanzas. Disponible en https://igecem.edomex.gob.mx/indole_social consultado el 10 de diciembre de 2022.

IGECEM. (2020). *Boletín de Estadísticas Vitales.* Secretaría de Finanzas. Disponible en https://igecem.edomex.gob.mx/indole_demografica consultado el 11 de enero de 2023.

Iluminet. (2016). *¿Qué son las NMX?* Iluminet. Disponible en https://www.iluminet.com/normas-nmx-iluminacion/ consultado el 12 de marzo de 2023.

INE. (s.a.). *Densidad de población*. Disponible en https://www.ine.gob.cl/ine-ciudadano/definiciones-estadisticas/poblacion/densidad consultado el 11 de enero de 2023.

INEGI. (s.a.). *Cuéntame de México*. Disponible en https://cuentame.inegi.org.mx/glosario/c.aspx?tema=G consultado el 15 de enero de 2023.

INEGI. (1994). *Censos Económicos 1994. INEGI*. Subsistema de Información Económica. Disponible en https://www.inegi.org.mx/programas/ce/1994/#Microdatos recuperado el 5 de diciembre de 2022.

INEGI. (2020). *Censo de Población y Vivienda 2020*. Subsistema de Información Demográfica y Social. Disponible en https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/ consultado el 11 de enero de 2023.

INEGI. (2020). *Cuéntame de México*. Economía. Disponible en https://cuentame.inegi.org.mx/economia/pib.aspx?tema=e consultado el 8 de diciembre de 2022.

INEGI. (2020). *Población*. INEGI. Disponible en https://www.inegi.org.mx/temas/estructura/ consultado el 15 de enero de 2023.

INEGI. (2021). *Marco Geo estadístico Nacional 2021*. INEGI. Disponible en https://www.inegi.org.mx/temas/mg/#:~:text=El%20Marco%20Geoestad%C3%ADstico%20es%20un%20sistema%20dise%C3%B1ado%20por%20Instituto%20Nacional,para%20las%20actividades%20de%20captaci%C3%B3n consultado el 3 de noviembre de 2022.

INEGI. (2022). *Instituciones sin Fines de Lucro*. INEGI. Disponible en https://www.inegi.org.mx/temas/isfl/ consultado el 7 de septiembre de 2022.

IPCC. (2019). *El cambio climático y la tierra*. 50° Edición. WMO, UPEP. Disponible en https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_TechnicalSummary.pdf recuperado el 23 de enero de 2023.

Jardinatis. (s.a.). *Plantas. Rosal*. Hogarmanía. Disponible en https://www.hogarmania.com/jardineria/fichas/arbustos/rosal-5301.html#descripcion-rosal consultado el 31 de mayo de 2023.

Manos Unidas. (2022). *Cambio climático*. Manos Unidas. Disponible en https://www.manosunidas.org/observatorio/cambio-climatico/cumbre-tierra#:~:text=La%20Cumbre%20de%20la%20Tierra%20es%20la%20expresi%C3%B3n%20que%20se,sobre%20el%20medio%20ambiente%2C%20desarrollo%2C consultado el 7 de septiembre de 2022.

McCartney, S. y Mehta, A. (2020). *Satellite Remote Sensing for Urban Heat Islands*. National Aeronautics and Space Administration (NASA). Disponible en https://appliedsciences.nasa.gov/join-mission/training/english/arset-satellite-remote-sensing-urban-heat-islands consultado el 3 de febrero de 2023.

METEORED. (1990). *Histórico del clima en Metepec*. METEORED, disponible en https://www.meteored.mx/metepec/historico consultado el 4 de diciembre de 2022.

METEORED. (2000). *Histórico del clima en Metepec*. METEORED, disponible en https://www.meteored.mx/metepec/historico consultado el 4 de diciembre de 2022.

METEORED. (2010). *Histórico del clima en Metepec*. METEORED, disponible en https://www.meteored.mx/metepec/historico consultado el 4 de diciembre de 2022.

METEORED. (2020). *Histórico del clima en Metepec*. METEORED, disponible en https://www.meteored.mx/metepec/historico consultado el 4 de diciembre de 2022.

Mula, J. A. (s.a.). *Cultivo y características de viburno (Viburnum lucidum).* Agromática. Disponible en https://www.agromatica.es/viburnum-lucidum/ consultado el 31 de mayo de 2023.

Naciones Unidas- (s.a.-a). *Conferencias Medio ambiente y desarrollo sostenible*. Naciones Unidas, Disponible en https://www.un.org/es/conferences/environment/johannesburg2002#:~:text=La%20Cumbre%20Mundial%20sobre%20el%20Desarrollo%20Sostenible%20de%202002%20en,respeto%20por%20el%20medio%20ambiente consultado el 7 de septiembre de 2022.

Naciones Unidas- (s.a.-b). *Día Internacional de la Diversidad Biológica, 22 de mayo*. Naciones Unidas. Disponible en https://www.un.org/es/observances/biodiversity-day/convention#:~:text=El%20Convenio%20sobre%20la%20Diversidad,ha%20sido%20ratificado%20por%20196 consultado el 8 de septiembre de 2022.

Naciones Unidas- (s.a. -c). *Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible, 20 a 22 de junio de 2012, Río de Janeiro*. Conferencias medio ambiente y desarrollo sostenible. Disponible en https://www.un.org/es/conferences/environment/rio2012 consultado el 28 de mayo de 2022.

Naciones Unidas. (s.a. –d). *Cumbre de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible, 25 a 27 de septiembre de 2015, Nueva York*. Conferencias medio ambiente y desarrollo sostenible. Disponible en https://www.un.org/es/conferences/environment/newyork2015 consultado el 28 de mayo de 2022.

(Naciones Unidas, s.a. –e). *Conferencia de las Naciones Unidas sobre los Asentamientos Humanos - Hábitat I, Vancouver, Canadá, 31 de mayo a 11 de junio de 1976.* Naciones Unidas, Conferencia Hábitat. Disponible en https://www.un.org/es/conferences/habitat/vancouver1976 consultado el 28 de mayo de 2022.

Naciones Unidas. (s.a. –f). *Conferencia sobre la Vivienda y el Desarrollo Urbano Sostenible Hábitat III. Objetivos de desarrollo sostenible*. Disponible en https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/habitat3/ consultado el 28 de mayo de 2022.

Ochoa, A. (2021). *¿Cómo cuidar una planta de bambú en casa?* AD. Disponible en https://www.admagazine.com/editors-pick/como-cuidar-una-planta-de-bambu-en-casa-20210329-8262-articulos consultado el 31 de mayo de 2023.

ONU. (s.a.-a). *Declaración de Rio sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo.* Departamento de Asuntos Económicos y Sociales. División de desarrollo sostenible. Disponible en https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/riodeclaration.htm consultado el 8 de septiembre de 2022.

ONU, (s. a.-b). *Programa 21. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales, División de Desarrollo Sostenible.* Disponible en https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/index.htm consultado el 31 de mayo de 2022.

Organización de las Naciones unidas (ONU). 2020. Objetivos y metas de desarrollo sostenible. Consulta web: https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-development-goals/ recuperado el 7 de mayo de 2021.

PictureThis, (s.a.). *Palmera enana*. Disponible en https://www.picturethisai.com/es/wiki/Phoenix_roebelenii.html#:~:text=Mantener%20h%C3%BAmedo%20pero%20sin%20acumulaci%C3%B3n%20de%20agua.&text=Fertilizaci%C3%B3n%20una%20vez%20cada%202,y%20fertilizaci%C3%B3n%20antes%20del%20invierno.&text=Recorte%20las%20ramas%20enfermas%2C%20marchitas%20y%20cubiertas%20de%20maleza.&text=Necesita%20un%20excelente%20drenaje%20en%20macetas consultado el 29 de mayo de 2023.

Planelles, M. (2022, abril 4). *Ultimátum científico: Las emisiones deben tocar techo antes de 2025 y luego caer drásticamente para evitar la catástrofe climática*. El País. Disponible en https://elpais.com/clima-y-medio-ambiente/2022-04-04/ultimatum-cientifico-las-emisiones-deben-tocar-techo-antes-de-2025-y-luego-caer-drasticamente-para-evitar-la-catastrofe-climatica.html consultado el 4 de abril de 2022.

RAE. (2023). *Diccionario prehispánico del español jurídico*. Real Academia Española. Disponible en https://dpej.rae.es/lema/colonia-agraria-o-colonia-agr%C3%ADcola consultado el 11 de enero de 2023.

Rockefeller Foundation. (2020). *100 resilient cities. The Rockefeller Foundation*. Disponible en https://www.100resilientcities.org/ consultado el 19 de noviembre de 2022.

Ruiz, J. (s.a.). *Cupressus arizonica. Ciprés de arizona. Cultivo y usos.* Agromática. Disponible en https://www.agromatica.es/cupressus-arizonica-cipres-de-arizona-cultivo-y-usos/ consultado el 29 de mayo de 2023.

Ruiz, J. (2023). *Cultivo y características del arbusto Boj (Buxus sempervirens)*. Agromática. Disponible en https://www.agromatica.es/boj-buxus-sempervirens/ consultado el 31 de mayo de 2023.

Sánchez, M. (2021). *Sauce llorón (Salix babylonica). Todo árboles.* Disponible en https://todoarboles.com/sauce-lloron/ consultado el 29 de mayo de 2023.

Secretaría del Campo. (2023). *Vocación Productiva por Delegación Regional.* Gobierno del Estado de México. Disponible en

https://secampo.edomex.gob.mx/sites/secampo.edomex.gob.mx/files/files/Produccion_Campo/Voc_Prod_Del_2022.pdf consultado el 18 de marzo de 2023.

SEMARNAT. (s.a.). *Suelos.* SEMARNAT, disponible en https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_12/pdf/Cap3_suelos.pdf consultado el 6 de diciembre de 2022.

SEMARNAT. (2016). *Protocolo de Kioto sobre cambio climático. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.* Disponible en https://www.gob.mx/semarnat/articulos/protocolo-de-kioto-sobre-cambio-climatico#:~:text=El%20Protocolo%20de%20Kioto%20fue,Unidas%20sobre%20el%20Cambio%20Clim%C3%A1tico consultado el 31 de mayo de 2022.

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2018). *Fuentes de Contaminación Atmosférica. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.* Disponible en https://www.gob.mx/semarnat/articulos/fuentes-de-contaminacion-atmosferica consultado el 4 de abril de 2022.

SIL. (s.a). *Sistema de Información Legislativa.* Secretaría de Gobernación. Disponible en http://sil.gobernacion.gob.mx/Glosario/definicionpop.php?ID=145 consultado el 1 de abril de 2022.

SNIB. (2022). *Portal de Geoinformación 2023. Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad*, disponible en http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/ consultado el 6 de diciembre de 2022.

Succulent Avenue. (2019). *Succulent Avenue jardinería, hogar, estilo de vida*. Disponible en https://succulentavenue.com/cipres-italiano-cupressus-sempervirens/ consultado el 29 de mayo de 2023.

UICN. (2022). *La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Acerca de la UICN.* Disponible en https://www.iucn.org/es/acerca-de-la-uicn consultado el 7 de septiembre de 2022.

WRM. (s.a.). *Principios sobre Bosques - Declaración de Principios para el Manejo Sustentable de Bosques. Movimiento Mundial por los bosques tropicales.* Disponible en https://www.wrm.org.uy/es/otras-informaciones/principios-sobre-bosques-declaracion-de-principios-para-el-manejo-sustentable-de-bosques consultado el 12 de septiembre de 2022.

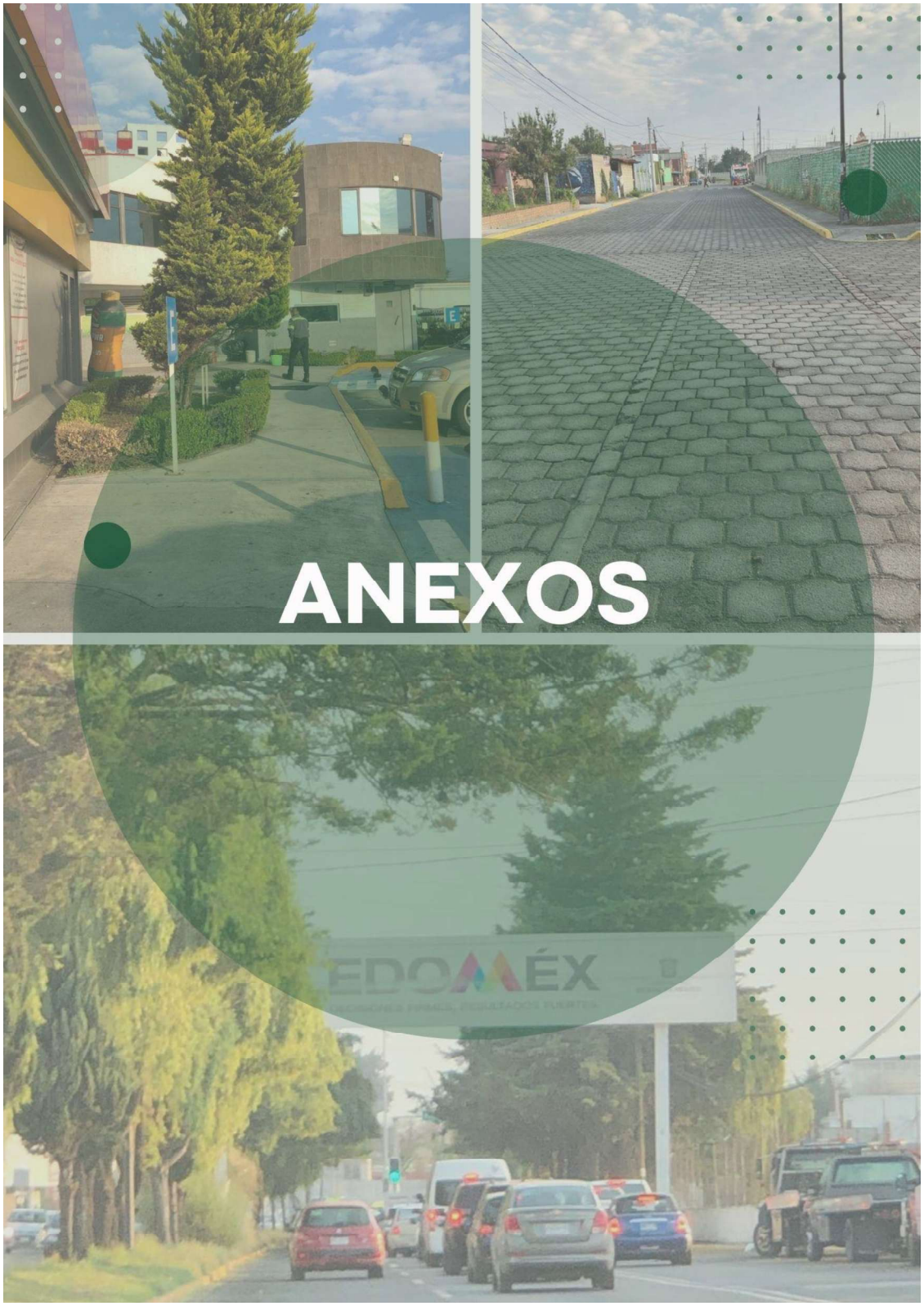
WWF. (2023). *Alianzas para la acción climática.* Disponible en https://www.wwf.org.mx/que_hacemos/cambio_climatico_y_energia/alianzas_para_la_accion_climatica/#:~:text=Las%20Alianzas%20para%20la%20Acci%C3%B3n,gobiernos%20nacionales%20para%20construir%20un consultado el 15 de febrero de 2023.

Zepeda, J. A. (2015). *Islas de Calor Urbanas,* El Universal, Querétaro, consulta web: http://www.eluniversalqueretaro.mx/content/islas-de-calor-urbanas consultado el 7 de mayo del 2021.

Material digital

Guggenheim, D. (3 de noviembre de 2016). *An inconvenient truth*. [Documental]. Paramount Classics.

Video de YouTube: MasterGis. (2021). *Temperatura de la superficie terrestre con ArcGIS* [video]. Disponible en https://www.youtube.com/watch?v=rLehOKv5Xuw.



Anexos

Anexos

Apartado 1. Marco legal

Tabla 1. Principios / elementos de la declaración de principios para el manejo sustentable de bosques

Principios / elementos de la declaración de principios para el manejo sustentable de bosques	
Principio	**Descripción**
1	a) Los Estados tienen el derecho soberano de explotar sus propios recursos en aplicación de su propia política ambiental sin afectar a terceros. b) El desarrollo sostenible de los bosques requiere una mayor cooperación internacional y debería ser compartido equitativamente por la comunidad internacional.
2	a) Los Estados tienen el derecho de proceder a la utilización, ordenación y desarrollo de sus bosques de conformidad con sus necesidades de desarrollo y su grado de desarrollo socioeconómico. b) Los recursos y tierras forestales deberían ser objeto de una ordenación sostenible a fin de atender a las necesidades sociales, económicas, ecológicas, culturales y espirituales de las generaciones presentes y futuras. c) El suministro de información es indispensable para la conciencia pública y toma de decisiones informadas. d) Los gobiernos deberían promover la participación de todos los interesados, incluidas las comunidades locales y las poblaciones indígenas, la industria, la mano de obra, las organizaciones no gubernamentales y los particulares, los habitantes de las zonas forestales y las mujeres.
3	a) Establecimiento y fortalecimiento de instituciones y programas en materia de conservación forestal. b) Facilitar la cooperación internacional en el ámbito de los bosques. c) Integración de aspectos relacionados con la protección del medio ambiente y desarrollo económico en materia de bosques.
4	Reconocer la función vital que cumplen los bosques de todo tipo en el mantenimiento de los procesos y el equilibrio ecológicos en los planos local, nacional, regional y mundial.
5	a) La política forestal de cada país debería reconocer y respetar la cultura, derechos e intereses de las poblaciones indígenas y los habitantes de las zonas boscosas. b) Se debería promover la participación de la mujer en todos los aspectos de la ordenación, conservación y desarrollo sostenible de los bosques.

6	a) Las funciones de los bosques de todo tipo consisten en satisfacer las necesidades de energía, la demanda de leña para fines domésticos e industriales a través de un aprovechamiento sostenible. b) La política y los programas nacionales relacionadas con la producción, consumo, reciclado o el destino final de productos forestales. c) Evaluación de los valores económicos y no económicos de los bienes y servicios forestales y del costo y los beneficios para el medio ambiente. d) Reconocer, realzar y promover la función de plantaciones forestales, además de los cultivos agrícolas permanentes como fuentes sostenibles ecológicamente racionales de energía renovable y de materia prima para la industria. e) Conservar los bosques para seguir aprovechando sus bienes y servicios.
7	a) Promover un ambiente económico internacional propicio para el desarrollo sostenido y ecológicamente racional de los bosques para producción y consumo. b) proporcionarse recursos financieros específicos a los países en desarrollo con importantes zonas forestales para su conservación.
8	a) Emprender una labor de reverdecimiento de la Tierra. b) Emprender actividades racionales desde el punto de vista ecológico, económico y social para mantener y aumentar la cubierta forestal y la productividad de los bosques. c) Contemplar la cooperación financiera y técnica internacional, incluso con participación del sector privado. d) La ordenación y el uso sostenibles de los bosques deberían ajustarse a las políticas y prioridades nacionales de desarrollo y basarse en directrices nacionales ecológicamente racionales. e) Integrar la ordenación forestal con la ordenación de las zonas adyacentes a fin de mantener el equilibrio ecológico y la productividad sostenible. f) Contemplar la protección de ejemplos representativos o singulares ecológicamente viables de bosques de importancia cultural, espiritual, histórica o religiosa, valiosos de importancia nacional. g) Se tendrán en cuenta los derechos soberanos de los países donde se encuentren los bosques y su participación en condiciones mutuamente convenidas en los beneficios tecnológicos y las utilidades de los productos de la biotecnología derivados de esos recursos. h) Ejecución de evaluaciones del impacto ambiental.
	a) Los esfuerzos de los países en desarrollo por fortalecer la conservación y desarrollo sostenible deberían contar con apoyo

9	de la comunidad internacional, habida cuenta de la importancia de reducir la deuda externa, así como el problema de alcanzar el valor de sustitución de los bosques mediante el mejoramiento del acceso al mercado de productos forestales, especialmente productos elaborados. b) Abordar los problemas que obstaculizan los esfuerzos por lograr la conservación y el uso sostenible de los recursos forestales. c) En la formulación de políticas nacionales sobre los bosques deberían tenerse en cuenta las presiones y demandas impuestas a los ecosistemas y recursos forestales por influencias ajenas al sector forestal.
10	Facilitarse a los países en desarrollo recursos financieros nuevos y adicionales para permitirles ordenar, conservar y desarrollar en forma sostenible sus recursos forestales.
11	Los países en desarrollo puedan acrecentar su capacidad endógena y llevar a cabo una mejor ordenación, conservación y desarrollo de sus recursos forestales, se deberían promover, facilitar y financiar el acceso a tecnologías ecológicamente racionales y a los correspondientes conocimientos especializados.
12	a) Apoyo a investigaciones científicas, evaluaciones e inventarios forestales a cargo de instituciones nacionales, donde se consideren variables biológicas, físicas, sociales, económicas, además del desarrollo tecnológico, aunado a su aplicación en la esfera de la ordenación, la conservación y el desarrollo forestal sostenible. b) La capacidad institucional internacional, nacional y regional en las esferas de la educación, capacitación, ciencia, tecnología, economía, antropología y aspectos sociales de la silvicultura y ordenación para la conservación forestal. c) El intercambio internacional de información sobre los resultados de las actividades de investigación y desarrollo relativas a los bosques y la ordenación. d) Introducir la ejecución de programas con la capacidad autóctona y conocimientos locales pertinentes en materia de conservación y desarrollo sostenible de los bosques, con apoyo institucional, financiero que colabore con miembros de las comunidades locales interesadas.
13	a) Facilitar el comercio internacional abierto y libre de los productos forestales. b) Estimular la reducción o eliminación de barreras arancelarias y los obstáculos al mejoramiento del acceso al mercado y de los precios, con miras a elevar el valor añadido de los productos forestales. c) Incorporación de los costos y beneficios para el medio ambiente en las fuerzas y los mecanismos del mercado, a fin de lograr la conservación forestal y el desarrollo sostenible.

	d) Las políticas de conservación forestal y desarrollo sostenible deberían integrarse con las políticas económicas, comerciales y otras políticas pertinentes. e) Evitarse las políticas y prácticas fiscales, comerciales, industriales, de transporte y de otro tipo que pudieran producir la degradación de los bosques.
14	Eliminar o evitar las medidas unilaterales, incompatibles con las obligaciones o acuerdos internacionales, destinadas a restringir y/o prohibir el comercio internacional de la madera u otros productos forestales con el objeto de lograr la ordenación sostenible a largo plazo de los bosques.
15	Deberían controlarse los contaminantes, sobre todo los transportados por el aire, incluidos los que causan la deposición acida, perjudiciales para el bienestar de los ecosistemas forestales en los planos local, regional, nacional y mundial.

Fuente: Elaboración propia basado en (WRM, s.a.).

Tabla 2. Principios de la Declaración de Rio sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo

Principios de la Declaración de Rio sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo	
Principio	**Descripción**
1	Los seres humanos tienen derecho a una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza.
2	Los Estados tienen el derecho soberano de aprovechar sus propios recursos según sus propias políticas ambientales y de desarrollo, sin causar daños al medio ambiente de otros Estados o de zonas que estén fuera de los límites de la jurisdicción nacional.
3	El derecho al desarrollo debe ejercerse equitativamente a las necesidades de desarrollo y ambientales de las generaciones presentes y futuras.
4	A fin de alcanzar el desarrollo sostenible, la protección del medio ambiente deberá constituir parte integrante del proceso de desarrollo y no podrá considerarse en forma aislada.
5	Todos los Estados y todas las personas deberán cooperar para erradicar la pobreza, como requisito indispensable del desarrollo sostenible.
6	Priorizar las necesidades especiales de los países en desarrollo, en particular los países menos adelantados y los más vulnerables desde el punto de vista ambiental.
7	Los Estados deberán cooperar con espíritu de solidaridad mundial para conservar, proteger y restablecer la salud e integridad del ecosistema de la Tierra.
8	Los Estados deberían reducir y eliminar las modalidades de producción y consumo insostenibles, además de fomentar políticas demográficas apropiadas.
9	Los Estados deberían fortalecer la capacidad de lograr el desarrollo sostenible aumentando el saber científico mediante el intercambio de conocimientos científicos y tecnológicos, e intensificando el desarrollo, la adaptación, la difusión y la transferencia de tecnologías convencionales a nuevas e innovadoras.
10	Tratar cuestiones ambientales con la participación de todos los ciudadanos interesados, en el nivel que corresponda. En el plano nacional: toda persona deberá tener acceso adecuado a la información sobre el medio ambiente. Los Estados deberán facilitar y fomentar la sensibilización y la participación de la población poniendo la información a disposición de todos, además de proporcionar acceso efectivo a los procedimientos judiciales y administrativos, entre ellos el resarcimiento de daños.
11	Los Estados deberán promulgar leyes adecuadas, eficaces y representativas sobre el medio ambiente.
12	Los Estados deberían cooperar en la promoción de un sistema económico internacional favorable y abierto que llevara al crecimiento

	económico y el desarrollo sostenible de todos los países, a fin de abordar en mejor forma los problemas de la degradación ambiental.
13	Los Estados deberán desarrollar la legislación nacional relativa a la responsabilidad y la indemnización respecto de las víctimas de la contaminación y otros daños ambientales.
14	Los Estados deberían cooperar efectivamente para desalentar o evitar la reubicación y la transferencia a otros Estados de cualesquiera actividades y sustancias que causen degradación ambiental grave o se consideren nocivas para la salud humana.
15	Los Estados deberán aplicar el criterio de precaución conforme a sus capacidades respecto a la degradación del medio ambiente.
16	Fomentar la internalización de costos ambientales y el uso de instrumentos económicos, teniendo en cuenta el criterio de que el que contamina debe.
17	Deberá emprenderse una evaluación del impacto ambiental, en calidad de instrumento nacional, respecto de cualquier actividad propuesta que probablemente haya de producir un impacto negativo considerable en el medio ambiente y que esté sujeta a la decisión de una autoridad nacional competente.
18	Los Estados deberán notificar inmediatamente a otros Estados de los desastres naturales u otras situaciones de emergencia que puedan producir efectos nocivos súbitos en el medio ambiente de esos Estados. La comunidad internacional deberá hacer todo lo posible por ayudar a los Estados que resulten afectados.
19	Los Estados deberán proporcionar información pertinente y notificar en forma oportuna a los Estados que posiblemente resulten afectados por actividades que puedan tener considerables efectos ambientales transfronterizos adversos.
20	Es imprescindible contar con la participación de las mujeres, ya que ellas desempeñan un papel fundamental en la ordenación del medio ambiente y en el desarrollo.
21	Debería movilizarse la creatividad, los ideales y el valor de los jóvenes del mundo para forjar una alianza mundial orientada a lograr el desarrollo sostenible y asegurar un mejor futuro para todos.
22	Las poblaciones indígenas y sus comunidades, así como otras comunidades locales, desempeñan un papel fundamental en la ordenación del medio ambiente y en el desarrollo debido a sus conocimientos y prácticas tradicionales.
23	Deben protegerse el medio ambiente y los recursos naturales de los pueblos sometidos a opresión, dominación y ocupación.
24	Los Estados deberán respetar las disposiciones de derecho internacional que protegen al medio ambiente en épocas de conflicto armado, y cooperar en su ulterior desarrollo, según sea necesario.
25	La paz, el desarrollo y la protección del medio ambiente son interdependientes e inseparables.

26	Los Estados deberán resolver pacíficamente todas sus controversias sobre el medio ambiente por medios que corresponda con arreglo a la Carta de las Naciones Unidas.
27	Los Estados y las personas deberán cooperar con solidaridad en la aplicación de los principios consagrados en esta Declaración y en el ulterior desarrollo del derecho internacional en la esfera del desarrollo sostenible.

Fuente: Elaboración propia basada en ONU (s.a.).

Tabla 3. Conferencia de las Partes

Conferencia de las partes (COP) Cronología y acuerdos establecidos		
COP 3	Kioto, Japón (Diciembre de 1997)	**Conferencia de Kioto sobre el cambio climático.**
		Dio lugar a la firma del Protocolo de Kioto, cuyo objetivo es limitar las emisiones netas de Gases de Efecto Invernadero en países industrializados.
COP 4	Buenos Aires, Argentina (2-13 de noviembre de 1998)	**Conferencia de Buenos Aires sobre Cambio Climático**
		Se firmó el Protocolo de Kioto, cuyo objetivo es limitar las emisiones netas de Gases de Efecto Invernadero en países industrializados. El tema central del protocolo es el financiamiento para apoyar medidas de adaptación y mitigación del cambio climático por parte de países en vías de desarrollo.
COP 5	Bonn, Alemania (25 de octubre-5 de noviembre de 1999)	**Conferencia de Bonn sobre Cambio Climático**
		Continúa la negociación sobre aspectos acordados en la COP 4. La Unión Europea anuncia su objetivo político de ratificar el Protocolo de Kioto en 2002.
COP 6	La Haya, Holanda (13 a 24 de noviembre de 2000) Bonn, Alemania (17 al 27 de julio de 2001)	**Conferencia de La Haya sobre Cambio Climático/ Conferencia sobre Cambio Climático de Bonn- julio de 2001.**
		A nivel internacional, se acordó prevenir efectos nocivos del cambio climático en el entorno, por ejemplo: cambios en zonas agrícolas, derretimiento de casquetes polares e incremento del nivel del mar.
COP 7	Marrakech, Marruecos (29 de octubre- 9 de noviembre de 2001)	**Conferencia de Marrakech sobre Cambio Climático**
		Se promueve la aplicación del Convenio Marco de la Organización Mundial de la Salud para el control del tabaco.
COP 8	Nueva Delhi, India (octubre de 2002)	**Conferencia sobre Cambio Climático de Nueva Delhi**
		Concluyó con una nueva estrategia para acelerar las iniciativas que promuevan el control del tabaco, de esta manera implementar medidas de transparencia que contrarresten la interferencia de la industria tabacalera.
COP 9	Milán, Italia (Diciembre de 2003)	**Conferencia de Milán sobre Cambio Climático**
		El protocolo aún no entra en vigencia, sin embargo, ha sido ratificado por gran parte de los países que forman parte de las COP, esta reunión aborda discusiones sobre presupuestos disponibles, establece una relación realista entre oferta y demanda.
COP 10	Buenos Aires, Argentina. (10 al 25 de junio de 2004)	**Conferencia de Buenos Aires sobre Cambio Climático**
		En esta conferencia se realizó un taller, cuyas sesiones exponen temas relacionados con mitigación del cambio climático, vulnerabilidad, riesgo, desarrollo sostenible: oportunidades y soluciones.
		Conferencia de Montreal sobre Cambio Climático

COP 11	Montreal, Canadá. (28 de noviembre al 9 de diciembre de 2005)	Tuvo la asistencia de 10,000 participantes aproximadamente. Aborda el esquema de comercio de emisiones paneuropeo y el Mecanismo de Desarrollo Limpio, una herramienta para promover el desarrollo sostenible y combatir el cambio climático.
COP 12	Nairobi, Kenia. (6 al 17 de noviembre de 2006)	**Conferencia de Nairobi sobre Cambio Climático**
		Se establecen nuevos compromisos de las Partes del Anexo I en el Marco del Protocolo de Kioto (GTE 2).
COP 13	Bali, Indonesia. (diciembre de 2007)	**Conferencia de Bali sobre Cambio Climático**
		Ante la situación de deforestación y manejo forestal, se tomaron decisiones que involucran el uso de tecnología implementados en países en vías de desarrollo. Se establece la Junta del Fondo de Adaptación. Se realizó la revisión del mecanismo financiero, que va más allá del Fondo para el Medio Ambiente ya existente.
COP 14	Poznan, Polonia. (diciembre de 2008)	**Conferencia de Poznan sobre Cambio Climático**
		Se identificaron divergencias sobre perspectivas clave relacionadas con el incremento del financiamiento disponible para adaptar y mejorar aspectos urgentes del Mecanismo de Desarrollo Limpio.
COP 15	Copenhague, Dinamarca. (diciembre de 2009)	**Conferencia de Copenhague sobre Cambio Climático**
		Se da un avance significativo en las negociaciones sobre infraestructura necesaria para combatir el cambio climático global de manera eficaz, incluidas las mejoras al Mecanismo de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kioto. Se produjo el Acuerdo de Copenhague, que expresó la intención política a corto, mediano y largo plazo de limitar el carbono y responder al cambio climático.
COP 16	Cancun, México. (noviembre de 2010)	**Conferencia sobre Cambio Climático de Cancún**
		En esta conferencia, las partes involucradas se comprometen a alcanzar solamente 2° de temperatura por encima de niveles preindustriales. Considera reducir 1.5° en un futuro próximo la temperatura del globo terráqueo. Se plantea como meta, que en 2012 se haga un mecanismo tecnológico que impulse la innovación, desarrollo y difusión de nuevas tecnologías que beneficien al clima. Establecimiento de un Fondo Verde para el Clima, proporciona el financiamiento para diseño de proyectos, programas, políticas y otras actividades que puedan ser implementadas por países en vías de desarrollo.
COP 17	Durbán, Sudáfrica (noviembre de 2011)	**Conferencia sobre Cambio Climático de Durbán**
		Los resultados de esta conferencia, incluyen la decisión de las Partes para adoptar un acuerdo legal universal sobre el cambio climático lo antes posible, preferentemente antes de 2015.
COP 18	Doha, Qatar (26 de noviembre y continuó hasta el	**Conferencia de Doha sobre el Cambio Climático**
		Se muestra el trabajo realizado a lo largo de siete años, donde se da la adopción del segundo periodo de compromiso del Protocolo de Kioto.

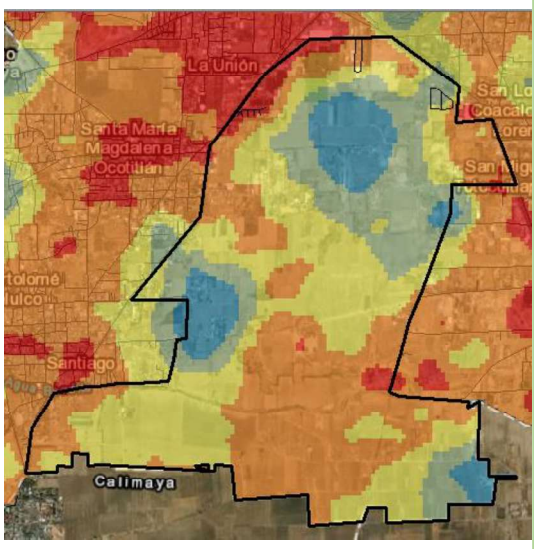
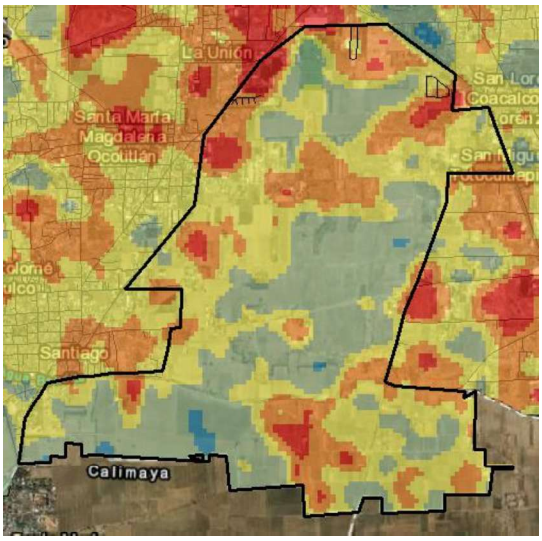
	sábado 8 de diciembre de 2012)	
COP 19	Varsovia, Polonia (noviembre de 2013)	**Conferencia de Varsovia sobre el Cambio Climático**
		Las decisiones clave adoptadas en esta conferencia son: avance de la Plataforma Durban, Fondo Verde para el Clima y su financiamiento a largo plazo, Marco de Varsovia para REDD Plus, el Mecanismo Internacional de Varsovia para pérdidas y daños, entre otros.
COP 20	Lima, Perú (1 al 14 de diciembre de 2014)	**Conferencia de Lima sobre el Cambio Climático**
		Se establece la determinación compartida de las Partes para contribuir en la construcción de un futuro resiliente con bajas emisiones de carbono. Se da la capitalización inicial del Fondo Verde para el Clima.
COP 21	París, Francia (30 de noviembre al 11 de diciembre de 2015)	**Conferencia de París sobre el Cambio Climático**
		El mundo necesita un nuevo modelo de crecimiento que sea seguro, duradero y benéfico para todos, además de un sistema que permita medir e incrementar el progreso. Se establece el Acuerdo de Paris, cuyas características lo describen como necesario y urgente, donde su realización es posible con la colaboración de todos.
COP 22	Marrakech, Marruecos (7 al 18 noviembre de 2016)	**Conferencia de Marrakech sobre el Cambio Climático**
		Esta conferencia muestra el caso de éxito de la implementación del Acuerdo de París, mismo que se ha puesto en marcha y continúa construyendo la cooperación multilateral para combatir el cambio climático.
COP 23	Bonn, Alemania (6 al 17 de noviembre de 2017)	**Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático**
		Se crea conciencia sobre la vulnerabilidad, tanto de las islas como de las naciones. Existe mayor colaboración y apoyo para comunidades resilientes. Se impulsa la transición al crecimiento a través del uso de energías limpias.
COP 24	Katowice, Polonia (diciembre de 2018)	**Conferencia sobre Cambio Climático de Katowice**
		Los resultados de esta conferencia no fueron tan favorables como se esperaba. Las metas establecidas en los temas importantes como: aumentar las contribuciones nacionales, añadir el respeto a los derechos humanos al Libro de Reglas de Parías, asegurar el apoyo justo a los países en vías de desarrollo que los ayude en la lucha contra el calentamiento global y sus consecuencias, no fueron alcanzadas.
COP 25	Madrid, España (2 al 13 de diciembre de 2019)	**Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático**
		Se retoman establecimientos discutidos en el Acuerdo de París, que incluye objetivos para mantener el aumento de temperatura global por debajo de 2°C, esfuerzos que limiten el calentamiento a 1.5°C y aumentar la resiliencia en

		países con altos impactos consecuencia del cambio climático.
Conferencia de Cambio Climático de Glasgow	Glasgow, Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte (31 de octubre - 12 de noviembre 2021)	**El impulso de junio para el cambio climático.**
		La conferencia se realizó de manera virtual. Se mostraron los trabajos realizados en el marco de la CMNUCC, que incluyen ejes temáticos como adaptación, mitigación, ciencia, finanzas, tecnología, ceración de capacidad, transparencia, género, además de presentar contribuciones determinadas a nivel nacional.
COP 26	Conferencia sobre el Cambio Climático de Bonn (16 de junio de 2022)	**Conferencia sobre Cambio Climático de Bonn**
		Los gobiernos acordaron decisiones que facilitan la implementación del Acuerdo de París, se realizó el debate sobre diversos temas incluidos en dicho acuerdo. Los principales temas pendientes que aún deben resolverse están relacionados con la adaptación de edificios a los impactos inevitables del cambio climático, entre ellos: olas de calor cada vez más frecuentes e intensas, inundaciones y tormentas, pérdidas, daños, y el apoyo financiero que estas situaciones requieren.
COP 27	Conferencia sobre el Cambio Climático de Sharm el-Sheikh (6 de noviembre - 20 de noviembre 2022)	**Conferencia sobre el Cambio Climático de Sharm el-Sheikh**
		Proporcionar la financiación necesaria para pérdidas y daños a los países vulnerables con mayor afección consecuencia de desastres climáticos. En la COP27, continuaron las deliberaciones sobre el establecimiento de un nuevo objetivo colectivo cuantificado sobre financiación climática en 2024, teniendo en cuenta necesidades y prioridades de los países en desarrollo.

Fuente: Elaboración propia basada en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, 2021.

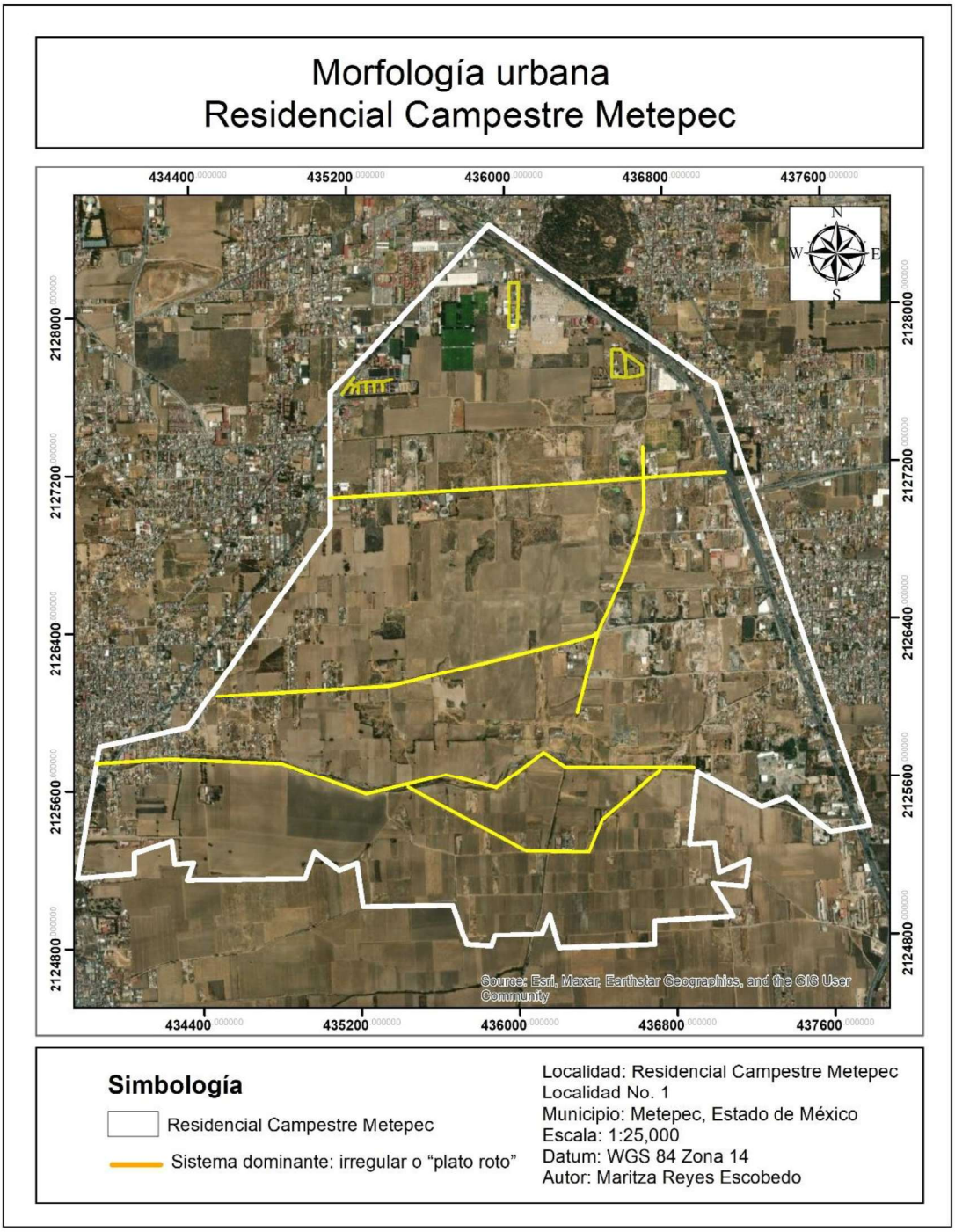
Apartado 2. Localidades de Metepec

Cuadro 1 Medio natural y artificial: Residencial Campestre Metepec

<table>
<tr><th colspan="8">Localidad 1: Residencial Campestre Metepec</th></tr>
<tr><td colspan="8">Forma urbana: Sistema irregular o plato roto</td></tr>
<tr><td colspan="8">Características físicas</td></tr>
<tr><td colspan="4">Medio natural</td><td colspan="4">Medio artificial</td></tr>
<tr><td colspan="4">Zona con baja densidad de áreas naturales, sin presencia de cuerpos de agua, la mayor parte del territorio está destinado al cultivo, mismos que pueden fungir como zonas cultivables o de suelo desnudo.</td><td colspan="4">Predominio de áreas rurales, presencia de calles y vialidades privadas en colores grises. Las zonas con mayores temperaturas registradas corresponden a la Hacienda Los Olivos, a pesar de contar con áreas verdes referente a canchas deportivas, existe mayor retención de temperatura por terrestre, cuyo efecto podría deberse a la presencia de techos grises o rojos, lo que podría ser una de las causas principales para la generación de islas de calor urbano.</td></tr>
<tr><td colspan="8">Temperaturas registradas</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">Verano</td><td colspan="4">Invierno</td></tr>
<tr><td>Temperatura máxima</td><td colspan="3">20.47 °C – 28.12 °C</td><td colspan="4">25.43°C – 31.05°C</td></tr>
<tr><td>Temperatura mínima</td><td colspan="3">3.12 °C – 10.77°C</td><td colspan="4">16.43°C – 20.55 °C</td></tr>
<tr><td>Presencia de islas de calor</td><td>Si</td><td>X</td><td>No</td><td></td><td>Si</td><td>X</td><td>No</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="8">Temperatura de la superficie terrestre</td></tr>
<tr><td colspan="4">Verano</td><td colspan="4">Invierno</td></tr>
<tr><td colspan="4"> 
</td><td colspan="4"> 
</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">3.12 °C – 10.77 °C</td><td></td><td colspan="3">16.43 °C – 20.55 °C</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">10.77 °C – 15.28 °C</td><td></td><td colspan="3">20.55 °C – 22.73 °C</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">15.28 °C – 18.02 °C</td><td></td><td colspan="3">22.73 °C – 24.05 °C</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">18.02 °C – 20.47 °C</td><td></td><td colspan="3">24.05 °C – 25.43 °C</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">20.47 °C – 28.12 °C</td><td></td><td colspan="3">25.43 °C – 31.05 °C</td></tr>
<tr><td colspan="8">Observaciones: La Hacienda Los Olivos es un punto que se mantiene bajo estrés térmico en verano e invierno.</td></tr>
</table>

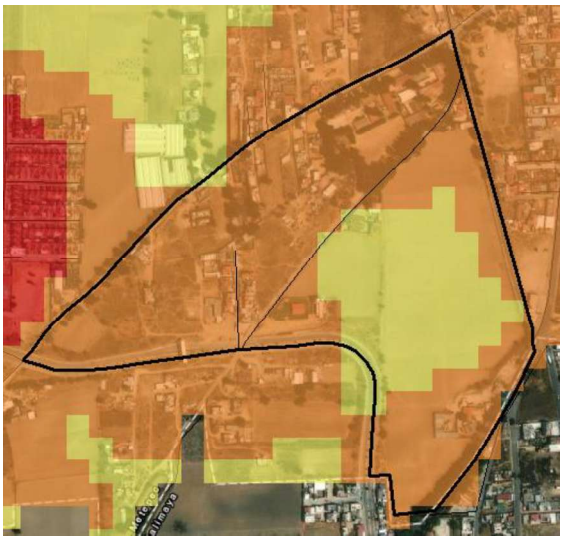
Fuente: Elaboración propia.

Mapa 24 Morfología urbana. Residencial Campestre Metepec



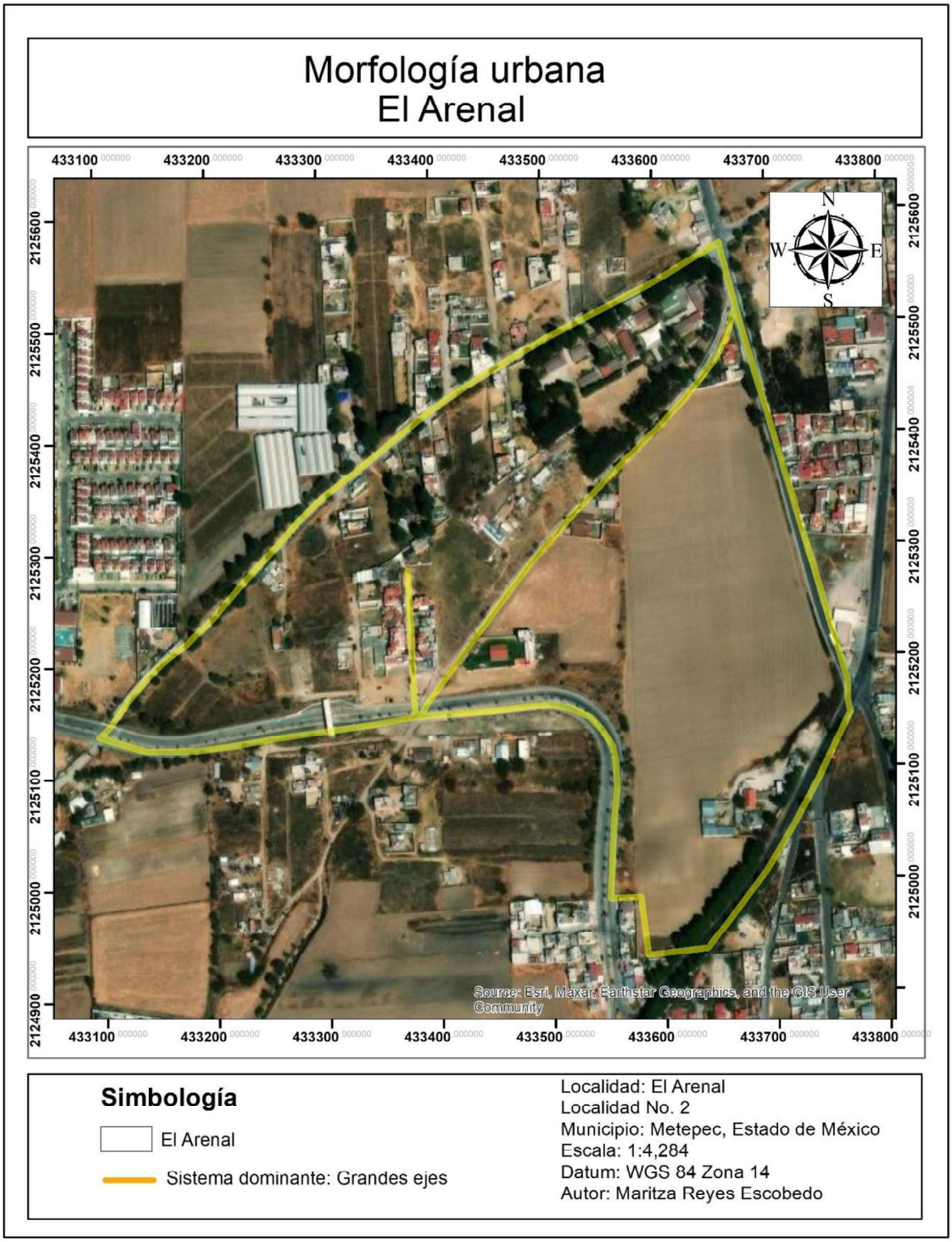
Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 2 Medio natural y artificial: El Arenal

<table>
<tr><th colspan="10">Localidad 2: El Arenal</th></tr>
<tr><td colspan="10">Forma urbana: Sistema de grandes ejes</td></tr>
<tr><td colspan="10">Características físicas</td></tr>
<tr><td colspan="5">Medio natural</td><td colspan="5">Medio artificial</td></tr>
<tr><td colspan="5">Baja densidad de áreas naturales, sin presencia de cuerpos de agua, predominancia de zonas destinadas al cultivo, hay un cinturón de árboles que funge como amortiguador de temperatura.</td><td colspan="5">Predominancia de áreas rurales, calles color gris, caracterizada por una vialidad principal que atraviesa la localidad, baja densidad de construcción, cuyos techos blancos favorecen la reflexión de la temperatura, por otra parte, hay abundantes predios destinados al cultivo.</td></tr>
<tr><td colspan="10">Temperaturas registradas</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="4">Verano</td><td colspan="5">Invierno</td></tr>
<tr><td>Temperatura máxima</td><td colspan="4">18.02 °C – 20.47 °C</td><td colspan="5">22.73 °C – 24.05 °C</td></tr>
<tr><td>Temperatura mínima</td><td colspan="4">15.28 °C – 18.02 °C</td><td colspan="5">16.43 °C – 20.55 °C</td></tr>
<tr><td>Presencia de islas de calor</td><td>Si</td><td></td><td>No</td><td>X</td><td>Si</td><td></td><td>No</td><td>X</td></tr>
<tr><td colspan="10">Temperatura de la superficie terrestre</td></tr>
<tr><td colspan="5">Verano</td><td colspan="5">Invierno</td></tr>
<tr><td colspan="5">  </td><td colspan="5">  </td></tr>
<tr><td></td><td colspan="4">3.12 °C – 10.77 °C</td><td></td><td colspan="4">16.43 °C – 20.55 °C</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="4">10.77 °C – 15.28 °C</td><td></td><td colspan="4">20.55 °C – 22.73 °C</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="4">15.28 °C – 18.02 °C</td><td></td><td colspan="4">22.73 °C – 24.05 °C</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="4">18.02 °C – 20.47 °C</td><td></td><td colspan="4">24.05 °C – 25.43 °C</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="4">20.47 °C – 28.12 °C</td><td></td><td colspan="4">25.43 °C – 31.05 °C</td></tr>
<tr><td colspan="10">Observaciones: El cambio que hay respecto a la concentración de temperatura es variable debido al uso de suelo de los terrenos, mismos que están destinados al cultivo. Las características de las edificaciones presentes en el área, cumplen con los requisitos para amortiguar y reflejar la temperatura, por lo que las vialidades de color gris no inciden directamente en la formación de las islas de calor.</td></tr>
</table>

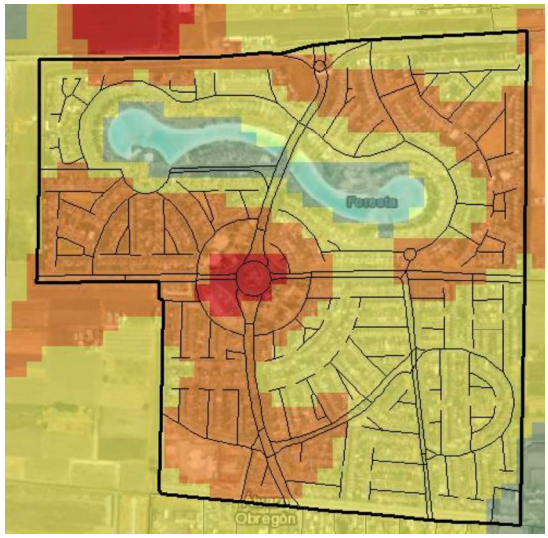
Fuente: Elaboración propia.

Mapa 25 Morfología urbana. El Arenal



Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 3 Medio natural y artificial: Residencial Foresta

Localidad 3: Residencial Foresta								
Forma urbana: Sistema concéntrico o radial								
Características físicas								
Medio natural				Medio artificial				
El entorno natural se encuentra completamente intervenido.				El entorno artificial está constituido por calles privadas pavimentadas y edificaciones con techos en tonalidades grises. Presencia de un cuerpo de agua artificial de tamaño considerable. La morfología urbana muestra una clara planeación territorial y de imagen urbana.				
Temperaturas registradas								
	Verano				Invierno			
Temperatura máxima	20.47 °C – 28.12 °C				25.43 °C – 31.05 °C			
Temperatura mínima	18.02 °C – 20.47 °C				20.55 °C – 22.73 °C			
Presencia de islas de calor	Si	X	No		Si	X	No	
Temperatura de la superficie terrestre								
Verano				Invierno				
								
	3.12 °C – 10.77 °C				16.43 °C – 20.55 °C			
	10.77 °C – 15.28 °C				20.55 °C – 22.73 °C			
	15.28 °C – 18.02 °C				22.73 °C – 24.05 °C			
	18.02 °C – 20.47 °C				24.05 °C – 25.43 °C			
	20.47 °C – 28.12 °C				25.43 °C – 31.05 °C			
Observaciones: El efecto isla de calor es más intenso en verano, sin embargo, el punto cálido en común entre ambas estaciones del año, corresponden a la glorieta del Parque de los Ahuehuetes. En verano, el cuerpo de agua artificial funge como amortiguador de temperaturas, en invierno proporciona un efecto aún más refrescante.								

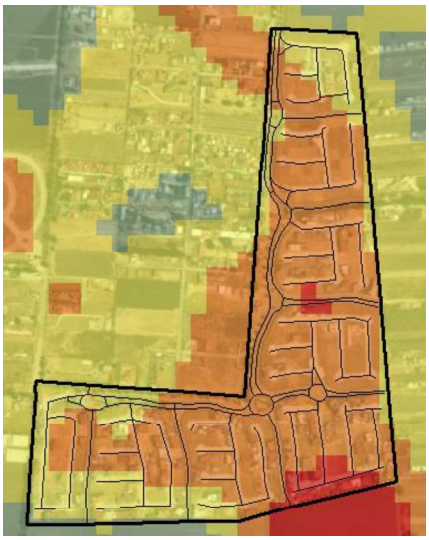
Fuente: Elaboración propia.

Mapa 26 Morfología urbana. Residencial Foresta



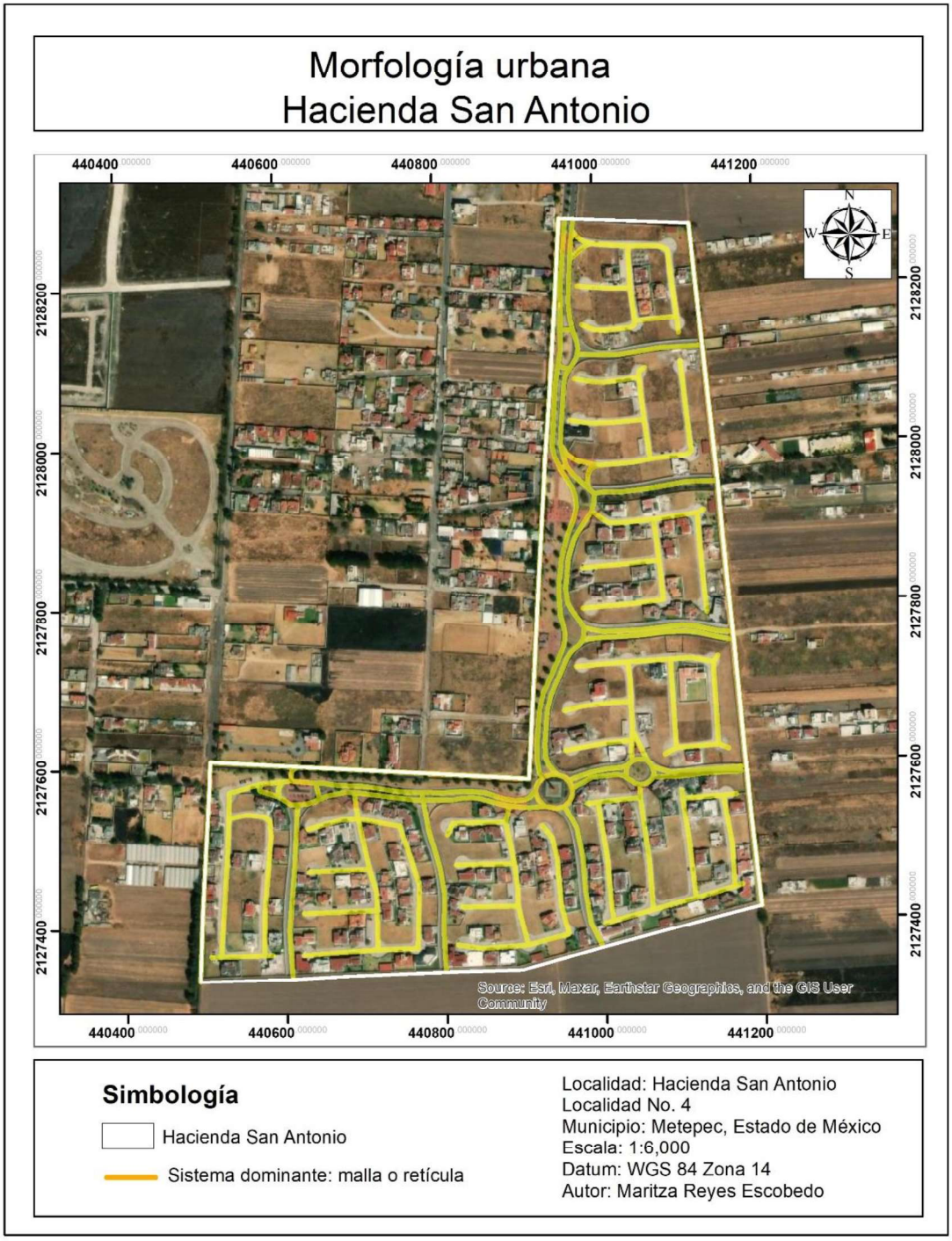
Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 4 Medio natural y artificial: Hacienda San Antonio

<table>
<tr><th colspan="8">Localidad 4: Hacienda San Antonio</th></tr>
<tr><td colspan="8">Forma urbana: Sistema de malla o retícula</td></tr>
<tr><th colspan="8">Características físicas</th></tr>
<tr><td colspan="4">Medio natural</td><td colspan="4">Medio artificial</td></tr>
<tr><td colspan="4">No se aprecian elementos naturales originales del entorno, salvo por los pastos, no hay presencia de árboles o cuerpos de agua.</td><td colspan="4">El medio artificial se conforma por una serie de vialidades, clasificadas en avenidas, boulevard, calles, privadas y prolongaciones de carácter rural, mismas que son de color gris claro, existe baja densidad de construcción, cuyos techos en su mayoría son de color marrón.</td></tr>
<tr><th colspan="8">Temperaturas registradas</th></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">Verano</td><td colspan="4">Invierno</td></tr>
<tr><td>Temperatura máxima</td><td colspan="3">20.47 °C – 28.12 °C</td><td colspan="4">25.43 °C – 31.05 °C</td></tr>
<tr><td>Temperatura mínima</td><td colspan="3">10.77 °C – 15.28 °C</td><td colspan="4">22.73 °C – 24.05 °C</td></tr>
<tr><td>Presencia de islas de calor</td><td>Si</td><td>X</td><td>No</td><td>Si</td><td>X</td><td>No</td><td></td></tr>
<tr><th colspan="8">Temperatura de la superficie terrestre</th></tr>
<tr><td colspan="4">Verano</td><td colspan="4">Invierno</td></tr>
<tr><td colspan="4">  </td><td colspan="4">  </td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">3.12 °C – 10.77 °C</td><td></td><td colspan="3">16.43 °C – 20.55 °C</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">10.77 °C – 15.28 °C</td><td></td><td colspan="3">20.55 °C – 22.73 °C</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">15.28 °C – 18.02 °C</td><td></td><td colspan="3">22.73 °C – 24.05 °C</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">18.02 °C – 20.47 °C</td><td></td><td colspan="3">24.05 °C – 25.43 °C</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">20.47 °C – 28.12 °C</td><td></td><td colspan="3">25.43 °C – 31.05 °C</td></tr>
<tr><td colspan="8">Observaciones: los puntos más cálidos en verano se enfocan en los lugares donde hay mayor concentración de edificaciones (aunque son poco abundantes), principalmente en Valle la Gavia, Valle Comalco y Valle Galera. Por otra parte, en invierno el efecto isla de calor permanece en Valle Galera.</td></tr>
</table>

Fuente: Elaboración propia.

Mapa 27 Morfología urbana. Hacienda San Antonio



Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 5 Medio natural y artificial: Condado del Valle

<table>
<tr><th colspan="10">Localidad 5: Condado del Valle</th></tr>
<tr><td colspan="10">Forma urbana: Sistema de malla o retícula</td></tr>
<tr><td colspan="10">Características físicas</td></tr>
<tr><td colspan="5">Medio natural</td><td colspan="5">Medio artificial</td></tr>
<tr><td colspan="5">Presencia de áreas verdes en la mayor parte del territorio, predios de suelo desnudo, un cuerpo de agua y algunos árboles.</td><td colspan="5">Las carretas son de carácter rural, en su mayoría de tonalidad gris, las edificaciones tienen techos color marrón, además cada casa cuenta con jardín, el cuerpo de agua se encuentra en la parte central de la distribución de asentamientos humanos.</td></tr>
<tr><td colspan="10">Temperaturas registradas</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="4">Verano</td><td colspan="5">Invierno</td></tr>
<tr><td>Temperatura máxima</td><td colspan="4">20.47 °C – 28.12 °C</td><td colspan="5">25.43 °C – 31.05 °C</td></tr>
<tr><td>Temperatura mínima</td><td colspan="4">15.28 °C – 18.02 °C</td><td colspan="5">22.73 °C – 24.05 °C</td></tr>
<tr><td>Presencia de islas de calor</td><td>Si</td><td>X</td><td>No</td><td></td><td>Si</td><td>X</td><td>No</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="10">Temperatura de la superficie terrestre</td></tr>
<tr><td colspan="5">Verano</td><td colspan="5">Invierno</td></tr>
<tr><td colspan="5">  </td><td colspan="5">  </td></tr>
<tr><td></td><td colspan="4">3.12 °C – 10.77 °C</td><td></td><td colspan="4">16.43 °C – 20.55 °C</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="4">10.77 °C – 15.28 °C</td><td></td><td colspan="4">20.55 °C – 22.73 °C</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="4">15.28 °C – 18.02 °C</td><td></td><td colspan="4">22.73 °C – 24.05 °C</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="4">18.02 °C – 20.47 °C</td><td></td><td colspan="4">24.05 °C – 25.43 °C</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="4">20.47 °C – 28.12 °C</td><td></td><td colspan="4">25.43 °C – 31.05 °C</td></tr>
<tr><td colspan="10">Observaciones: En verano el efecto isla de calor se da casi en toda la superficie de Condado del Valle, donde los colores del asentamiento humano pueden incidir en la concentración de temperatura. Por otra parte, el efecto de isla de calor en invierno, solamente se ve reflejado en un predio con suelo desnudo.</td></tr>
</table>

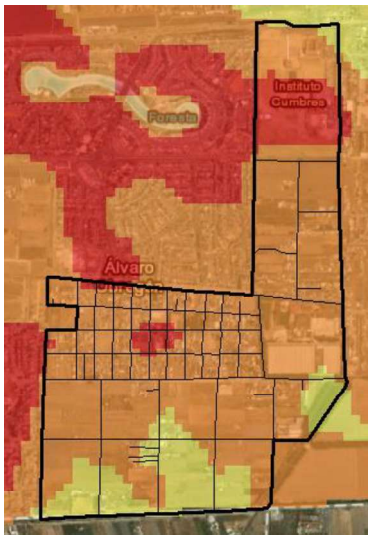
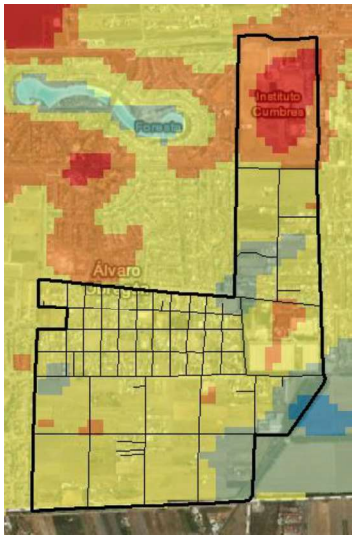
Fuente: Elaboración propia.

Mapa 28 Morfología urbana. Condado del Valle



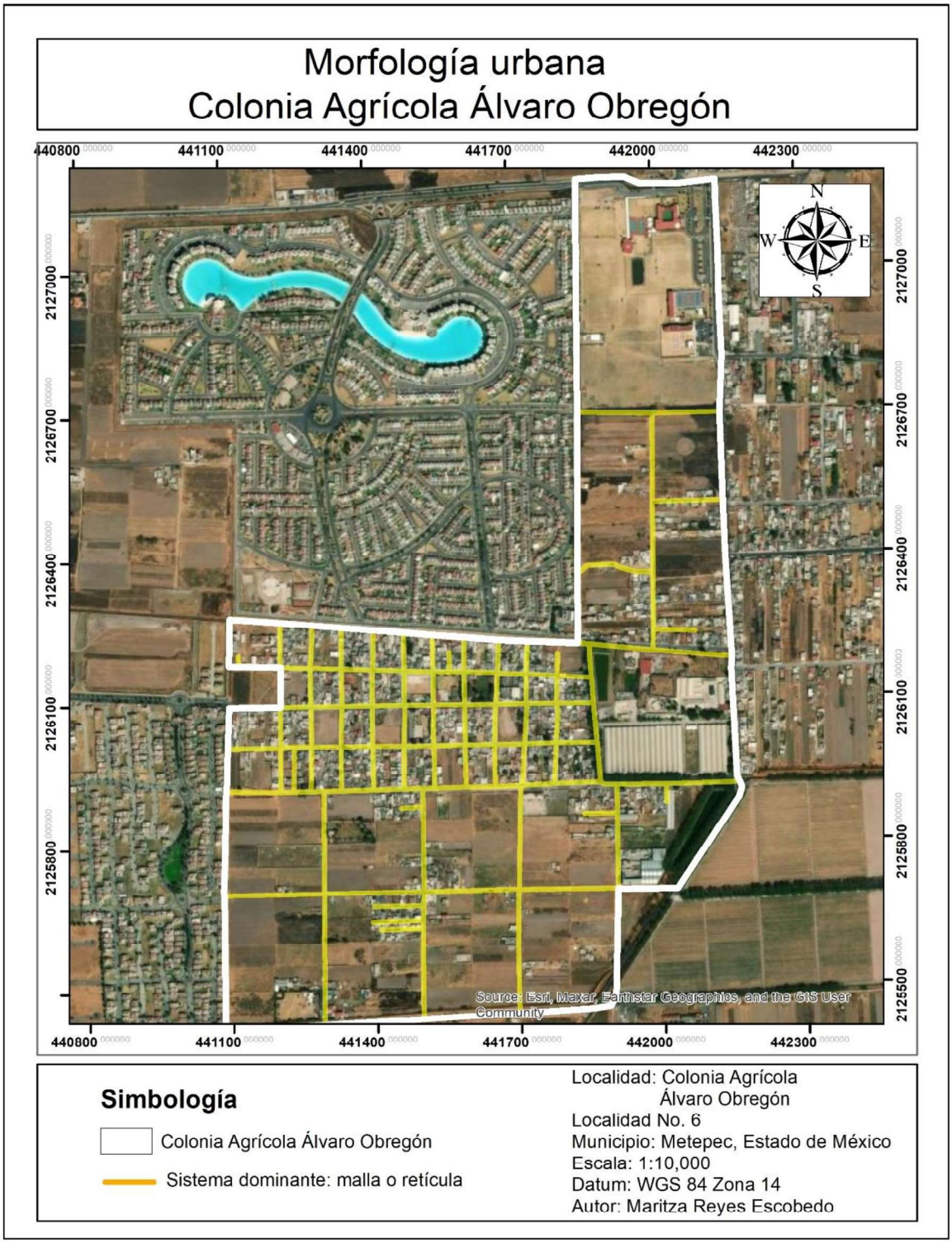
Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 6 Medio natural y artificial: Colonia Agrícola Álvaro Obregón

<table>
<tr><th colspan="8">Localidad 6: Colonia Agrícola Álvaro Obregón</th></tr>
<tr><td colspan="8">Forma urbana: Sistema de malla o retícula</td></tr>
<tr><td colspan="8">Características físicas</td></tr>
<tr><td colspan="4">Medio natural</td><td colspan="4">Medio artificial</td></tr>
<tr><td colspan="4">Presencia de suelo no urbanizado, destinado al uso de suelo agrícola, no hay cuerpos de agua, baja densidad de árboles.</td><td colspan="4">Calles, privadas y prolongaciones, cuyas características de tipo urbano o rural dependerán de la estratificación de las zonas, las vialidades tienen colores grisáceos, la densidad de construcción es media, el color de los techos es gris claro o blanco, además, el uso de suelo es mixto entre asentamiento humano y zona agrícola.</td></tr>
<tr><td colspan="8">Temperaturas registradas</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">Verano</td><td colspan="4">Invierno</td></tr>
<tr><td>Temperatura máxima</td><td colspan="3">20.47 °C – 28.12 °C</td><td colspan="4">25.43 °C – 31.05 °C</td></tr>
<tr><td>Temperatura mínima</td><td colspan="3">15.28 °C – 18.02 °C</td><td colspan="4">16.43 °C – 20.55 °C</td></tr>
<tr><td>Presencia de islas de calor</td><td>Si</td><td>X</td><td>No</td><td></td><td>Si</td><td>X</td><td>No</td></tr>
<tr><td colspan="8">Temperatura de la superficie terrestre</td></tr>
<tr><td colspan="4">Verano</td><td colspan="4">Invierno</td></tr>
<tr><td colspan="4"> 
</td><td colspan="4"> 
</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">3.12 °C – 10.77 °C</td><td></td><td colspan="3">16.43 °C – 20.55 °C</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">10.77 °C – 15.28 °C</td><td></td><td colspan="3">20.55 °C – 22.73 °C</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">15.28 °C – 18.02 °C</td><td></td><td colspan="3">22.73 °C – 24.05 °C</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">18.02 °C – 20.47 °C</td><td></td><td colspan="3">24.05 °C – 25.43 °C</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">20.47 °C – 28.12 °C</td><td></td><td colspan="3">25.43 °C – 31.05 °C</td></tr>
<tr><td colspan="8">Observaciones: En ambos casos, la isla de calor tanto en invierno como en verano, se ve reflejado en el Instituto Cumbres, donde a pesar del diseño que incluye áreas verdes, una posible causa es la concentración de alumnos en el plantel, así como el posible tráfico vehicular que se genere al momento que termina la jornada laboral.</td></tr>
</table>

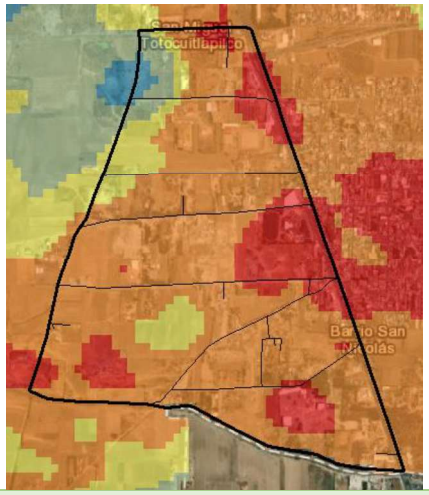
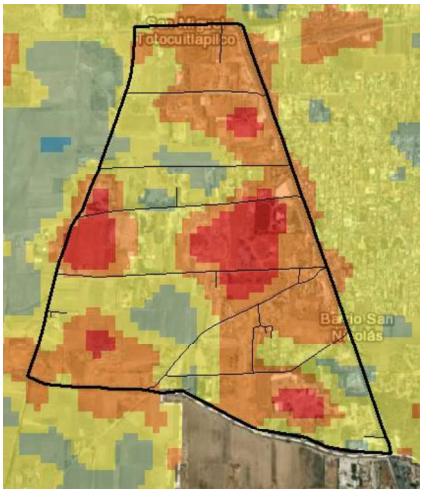
Fuente: Elaboración propia.

Mapa 29 Colonia Agrícola Álvaro Obregón



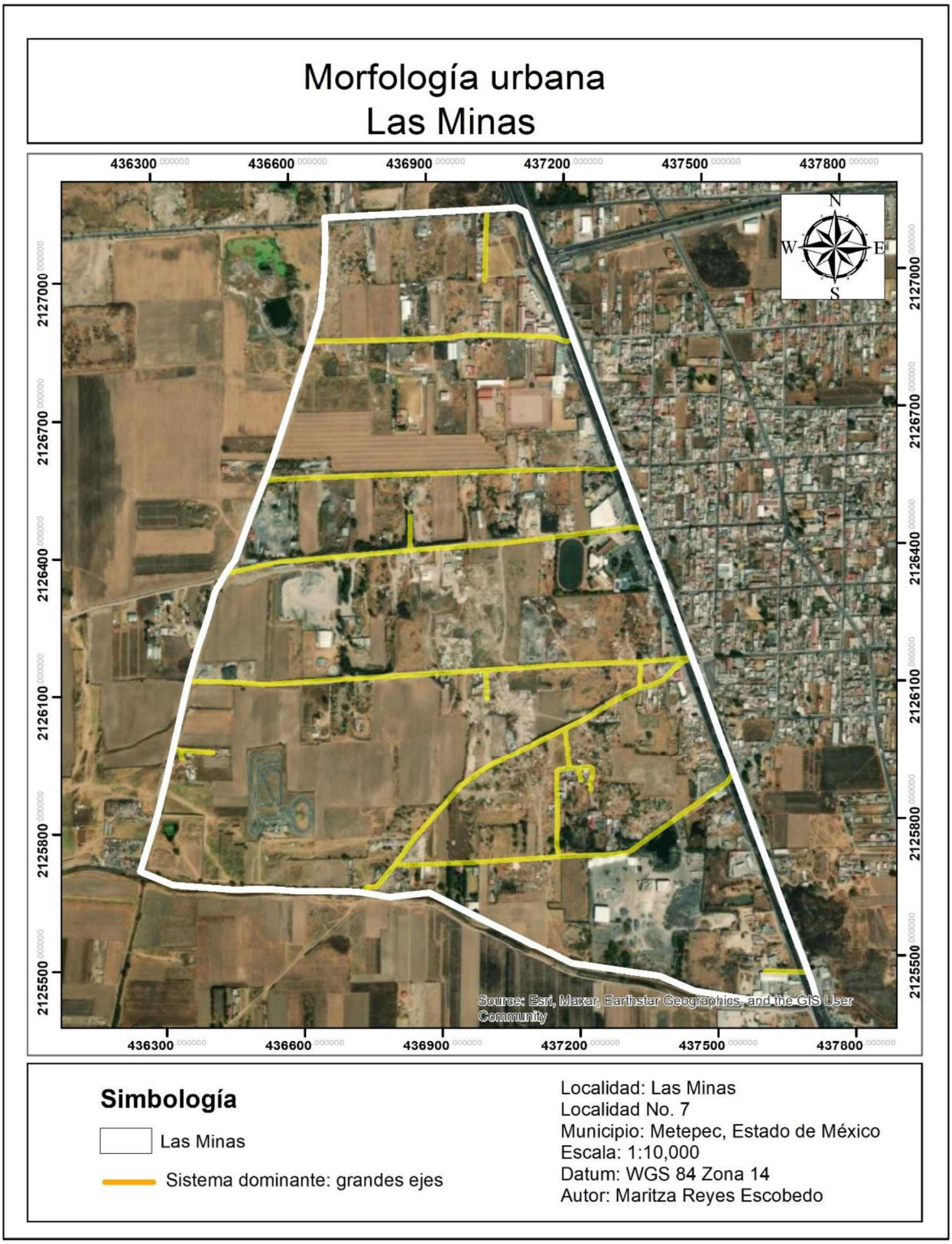
Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 7 Medio natural y artificial: Las Minas

<table>
<tr><th colspan="8">Localidad 7: Las Minas</th></tr>
<tr><td colspan="8">Forma urbana: Sistema de grandes ejes</td></tr>
<tr><td colspan="8">Características físicas</td></tr>
<tr><td colspan="4">Medio natural</td><td colspan="4">Medio artificial</td></tr>
<tr><td colspan="4">Baja densidad de áreas verdes o zonas con cobertura arbórea, los predios en su mayoría están destinados al uso de suelo agrícola.</td><td colspan="4">Las vialidades se distribuyen entre calles, privadas y prolongaciones, mismas que son de carácter rural o urbano, pavimentadas o de terracería; densidad de construcción baja, los techos de las edificaciones son de color blanco, gris o marrón, áreas verdes de tamaño considerable presentes en un centro educativo.</td></tr>
<tr><td colspan="8">Temperaturas registradas</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">Verano</td><td colspan="4">Invierno</td></tr>
<tr><td>Temperatura máxima</td><td colspan="3">20.47 °C – 28.12 °C</td><td colspan="4">25.43 °C – 31.05 °C</td></tr>
<tr><td>Temperatura mínima</td><td colspan="3">3.12 °C – 10.77 °C</td><td colspan="4">20.55 °C – 22.73 °C</td></tr>
<tr><td>Presencia de islas de calor</td><td>Si</td><td>X</td><td>No</td><td></td><td>Si</td><td>X</td><td>No</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="8">Temperatura de la superficie terrestre</td></tr>
<tr><td colspan="4">Verano</td><td colspan="4">Invierno</td></tr>
<tr><td colspan="4">  </td><td colspan="4">  </td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">3.12 °C – 10.77 °C</td><td></td><td colspan="3">16.43 °C – 20.55 °C</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">10.77 °C – 15.28 °C</td><td></td><td colspan="3">20.55 °C – 22.73 °C</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">15.28 °C – 18.02 °C</td><td></td><td colspan="3">22.73 °C – 24.05 °C</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">18.02 °C – 20.47 °C</td><td></td><td colspan="3">24.05 °C – 25.43 °C</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">20.47 °C – 28.12 °C</td><td></td><td colspan="3">25.43 °C – 31.05 °C</td></tr>
<tr><td colspan="8">Observaciones: En verano, los puntos cálidos corresponden a un predio de suelo desnudo, un restaurante, un Modelorama, ambos sin presencia de áreas verdes, estacionamiento con amplio estacionamiento gris claro. Finalmente, el último punto es la Preparatoria Argos es constante tanto en verano como en invierno, a pesar de contar con grandes áreas verdes, tiene techo marrón, además de la concentración de estudiantes puede favorecer el punto de calor generado. El segundo punto constante se encuentra en la parte sur, donde hay suelo desnudo, con áreas verdes alrededor.</td></tr>
</table>

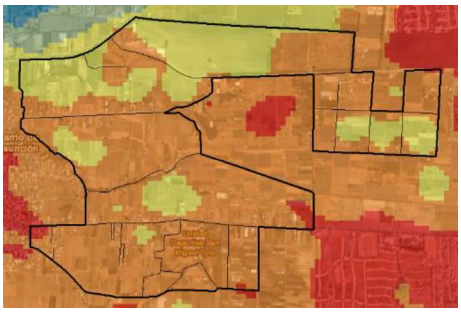
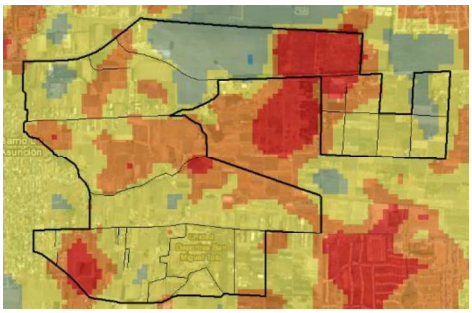
Fuente: Elaboración propia.

Mapa 30 Morfología urbana. Las Minas



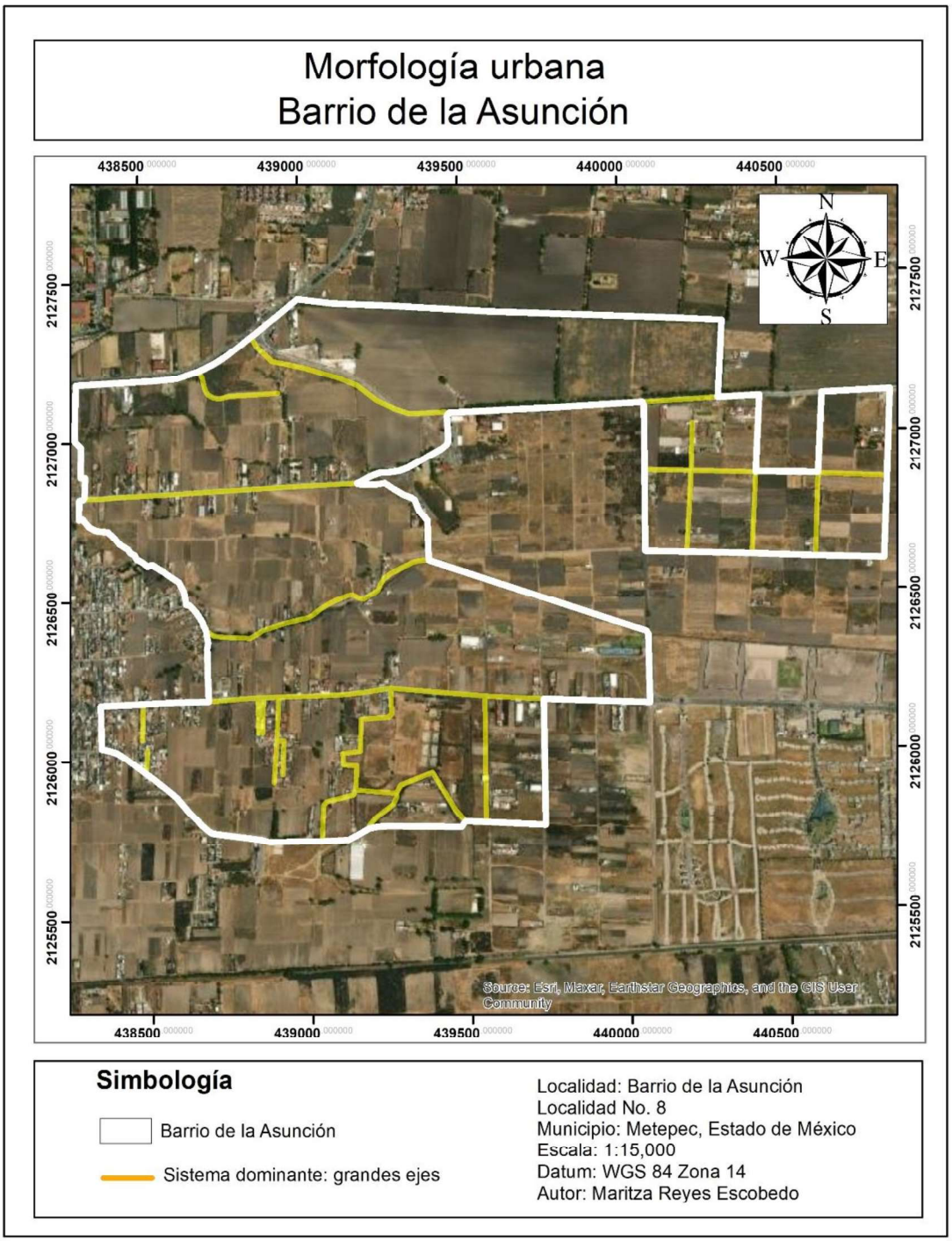
Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 8 Medio natural y artificial: Barrio de la Asunción

Localidad 8: Barrio de la Asunción								
Forma urbana: Sistema de grandes ejes								
Características físicas								
Medio natural				Medio artificial				
Es una localidad con mayoría de zonas destinadas a la agricultura y cultivo, no hay cuerpos de agua ni tampoco árboles.				Las vialidades (rurales y urbanas) se distribuyen en boulevard, calles, circuitos y privadas, pavimentadas (color gris) o terracería (color café claro), baja densidad de construcción, en su mayoría hay techos marrones y blancos.				
Temperaturas registradas								
	Verano				Invierno			
Temperatura máxima	20.47 °C – 28.12 °C				25.43 °C – 31.05 °C			
Temperatura mínima	15.28 °C – 18.02 °C				20.55 °C – 22.73 °C			
Presencia de islas de calor	Si	X	No		Si	X	No	
Temperatura de la superficie terrestre								
Verano				Invierno				
								
	3.12 °C – 10.77 °C				16.43 °C – 20.55 °C			
	10.77 °C – 15.28 °C				20.55 °C – 22.73 °C			
	15.28 °C – 18.02 °C				22.73 °C – 24.05 °C			
	18.02 °C – 20.47 °C				24.05 °C – 25.43 °C			
	20.47 °C – 28.12 °C				25.43 °C – 31.05 °C			
Observaciones: la presencia de islas de calor no presenta un alto grado de intensidad en comparación con otras localidades, los puntos más cálidos se encuentran en asentamientos humanos colindantes con lugares con alta densidad poblacional. Por otra parte, existe un predio que no muestra presencia de isla de calor en verano, ya que probablemente sea para uso agrícola, por lo que, en invierno, cuando no tiene vegetación, retiene mayor temperatura. Esta localidad tiene una zona sujeta a inundación, y un cuerpo de agua intermitente, por lo tanto, es un elemento que incide en el amortiguamiento de temperaturas.								

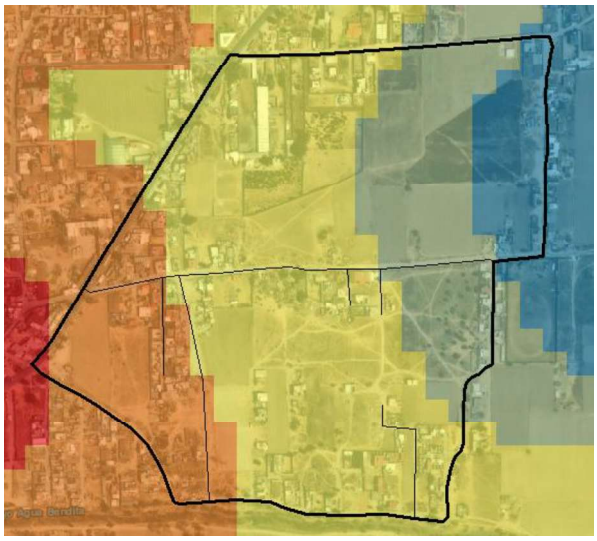
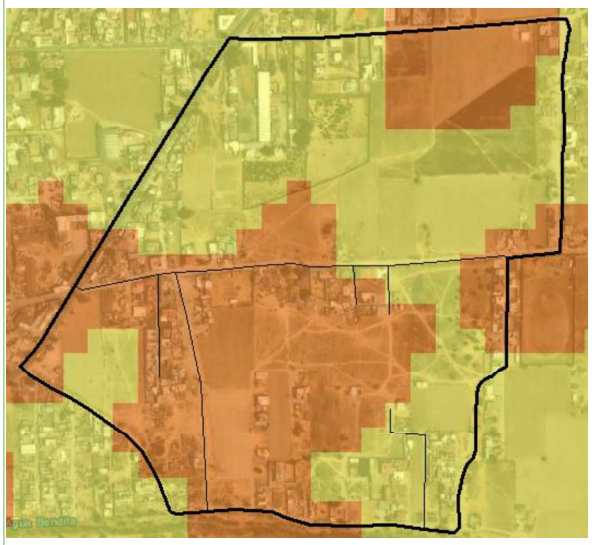
Fuente: Elaboración propia.

Mapa 31 Morfología urbana. Barrio de la Asunción



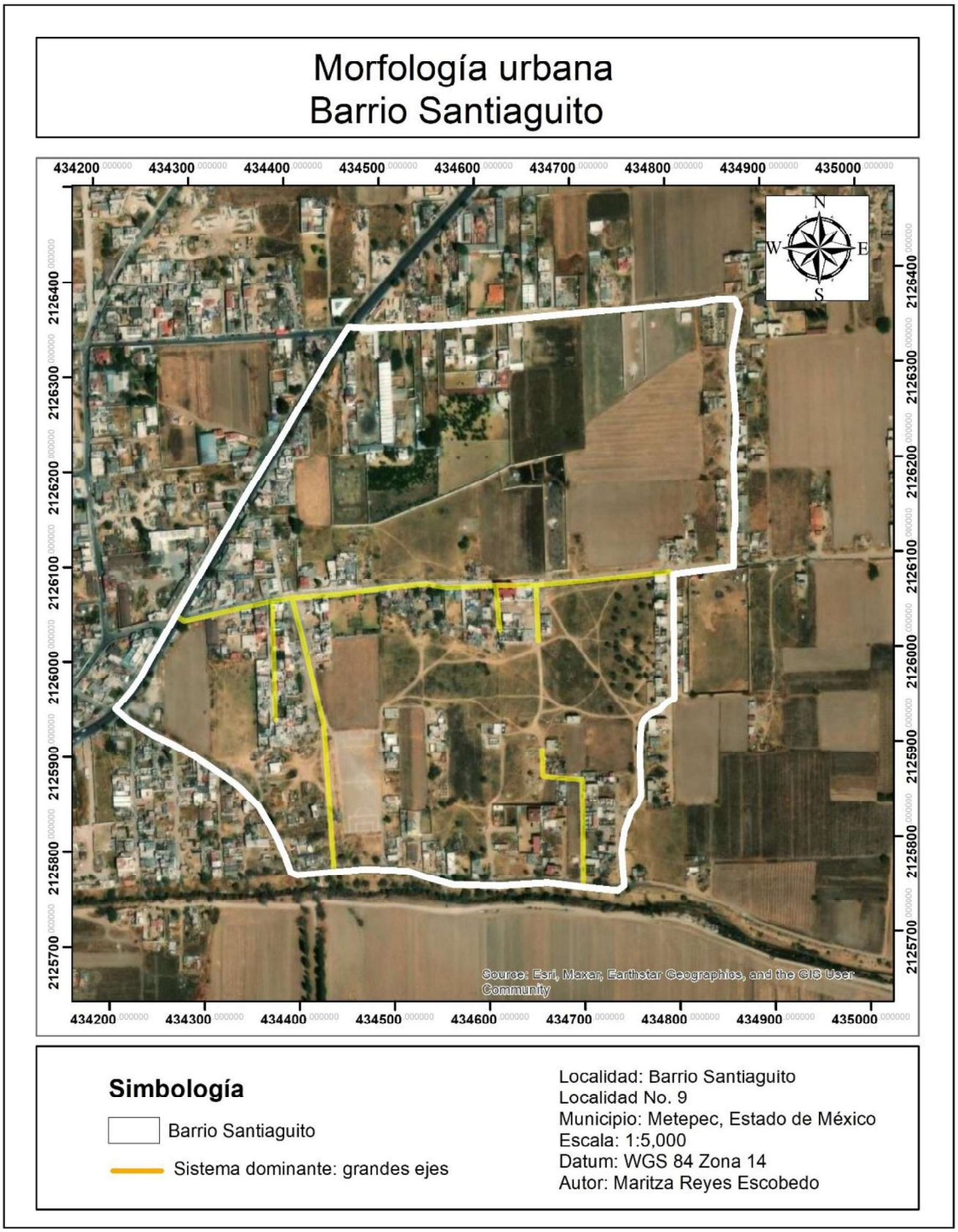
Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 9 Medio natural y artificial: Barrio Santiaguito

Localidad 9: Barrio Santiaguito									
Forma urbana: Sistema de grandes ejes									
Características físicas									
Medio natural					Medio artificial				
Presencia de áreas naturales, con presencia de árboles, algunos arbustos y pastizales, no hay cuerpos de agua, la mayoría de la superficie está destinada a la agricultura.					Las vialidades se caracterizan entre aspectos rurales y urbanos, de sentido peatonal o vehicular, se encuentran distribuidas entre calles, privadas y prolongaciones, pavimentadas (color gris) o terracería (color café claro), la mayoría de los techos son color gris o marrón.				
Temperaturas registradas									
	Verano				Invierno				
Temperatura máxima	18.02 °C – 20.47 °C				24.05 °C – 25.43 °C				
Temperatura mínima	3.12 °C – 10.77 °C				22.73 °C – 24.05 °C				
Presencia de islas de calor	Si		No	X	Si		No	X	
Temperatura de la superficie terrestre									
Verano					Invierno				
									
	3.12 °C – 10.77 °C					16.43 °C – 20.55 °C			
	10.77 °C – 15.28 °C					20.55 °C – 22.73 °C			
	15.28 °C – 18.02 °C					22.73 °C – 24.05 °C			
	18.02 °C – 20.47 °C					24.05 °C – 25.43 °C			
	20.47 °C – 28.12 °C					25.43 °C – 31.05 °C			
Observaciones: No hay presencia de islas de calor, donde puede influir el uso de suelo de la zona, la baja densidad de construcción, además de las características de las vialidades.									

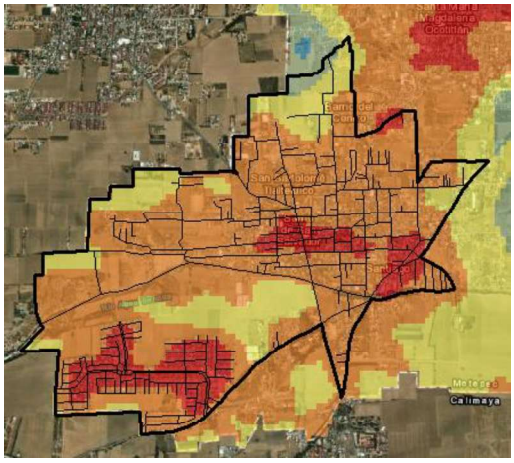
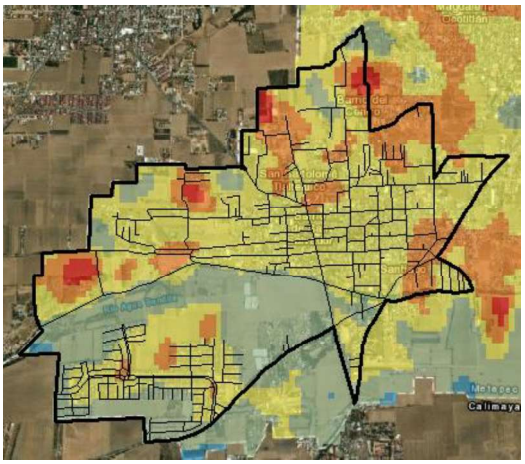
Fuente: Elaboración propia.

Mapa 32 Morfología urbana. Barrio Santiaguito



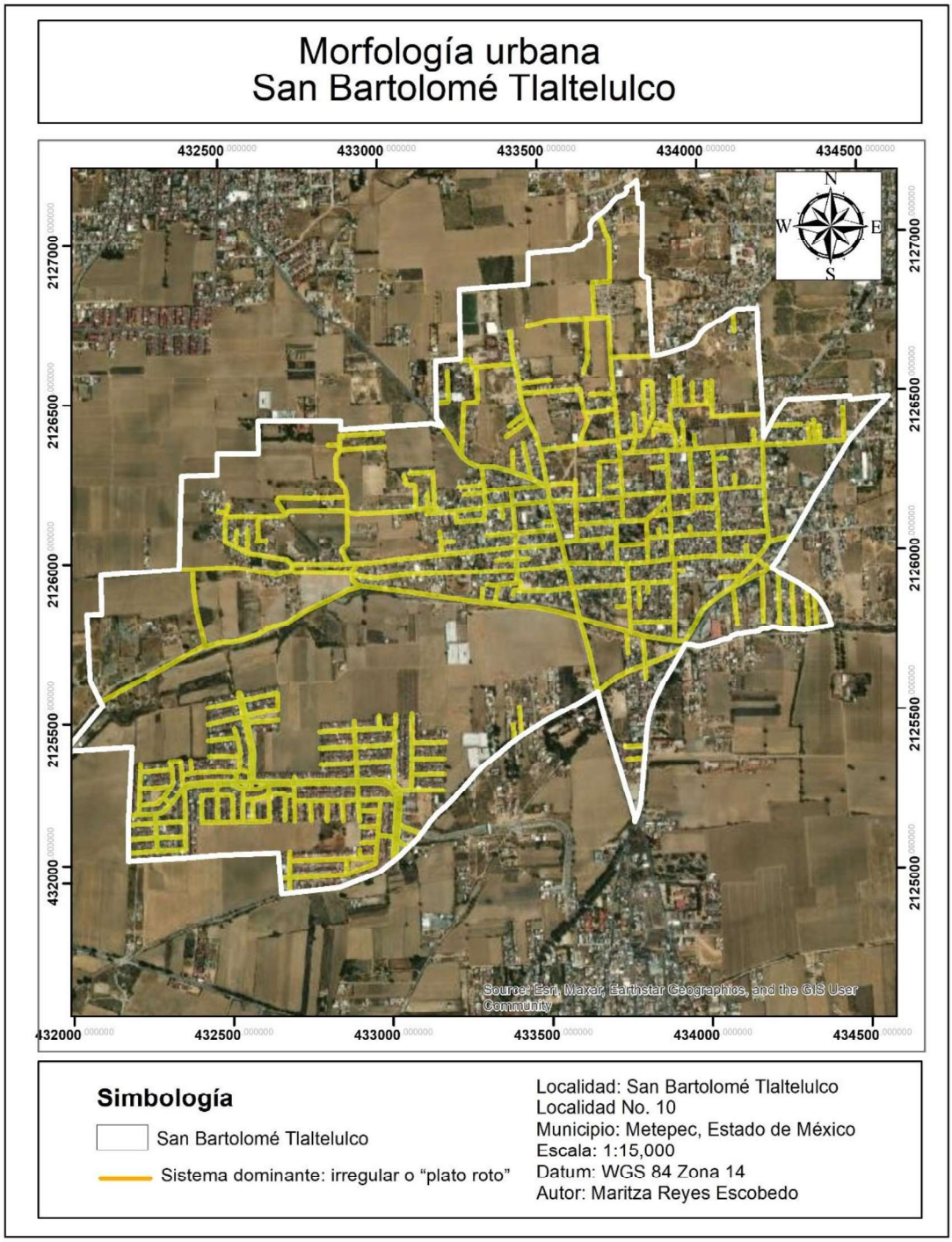
Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 10 Medio natural y artificial: San Bartolomé Tlaltelulco

Localidad 10: San Bartolomé Tlaltelulco								
Forma urbana: Sistema irregular o plato roto								
Características físicas								
Medio natural				Medio artificial				
Sin presencia de áreas naturales ni cuerpos de agua, baja cobertura arbórea, en la parte centro de la localidad hay zonas destinadas al cultivo o en su caso, suelo desnudo.				Alta densidad de vialidades poco organizada (zona urbana), distribuidas en andadores, avenidas, calles, callejones, cerradas, privadas y prolongaciones, la densidad de construcción es alta, techos de color marrón, blanco, gris, entre las construcciones hay árboles o áreas verdes.				
Temperaturas registradas								
	Verano				Invierno			
Temperatura máxima	20.47 °C – 28.12 °C				25.43 °C – 31.05 °C			
Temperatura mínima	10.77 °C – 15.28 °C				20.55 °C – 22.73 °C			
Presencia de islas de calor	Si	X	No		Si	X	No	
Temperatura de la superficie terrestre								
Verano				Invierno				
								
	3.12 °C – 10.77 °C				16.43 °C – 20.55 °C			
	10.77 °C – 15.28 °C				20.55 °C – 22.73 °C			
	15.28 °C – 18.02 °C				22.73 °C – 24.05 °C			
	18.02 °C – 20.47 °C				24.05 °C – 25.43 °C			
	20.47 °C – 28.12 °C				25.43 °C – 31.05 °C			
Observaciones: La zona de San Bartolomé Tlatelulco presenta mayor estrés térmico en verano debido a las características de la imagen urbana (color de techos y vialidades), además de la concentración de población, además del Fraccionamiento Banus Residencial (ubicado al sur) y el Fraccionamiento Bonanza, debido a sus características como techos marrones y vialidades grises. Sin embrago, en invierno, el efecto isla de calor se esparce en áreas de cultivo que probablemente en esa temporada se encuentran en desuso.								

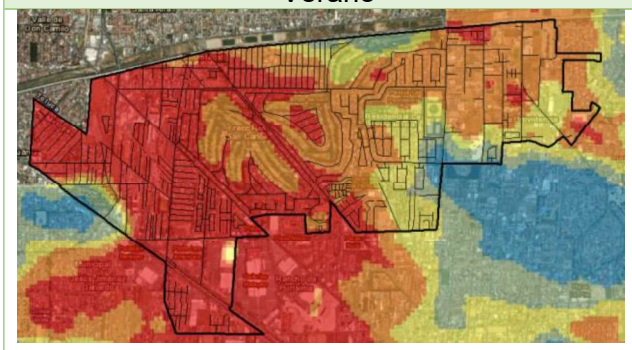
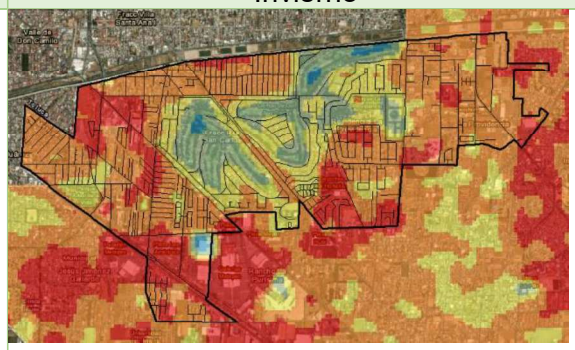
Fuente: Elaboración propia.

Mapa 33 Morfología urbana. San Bartolomé Tlaltelulco



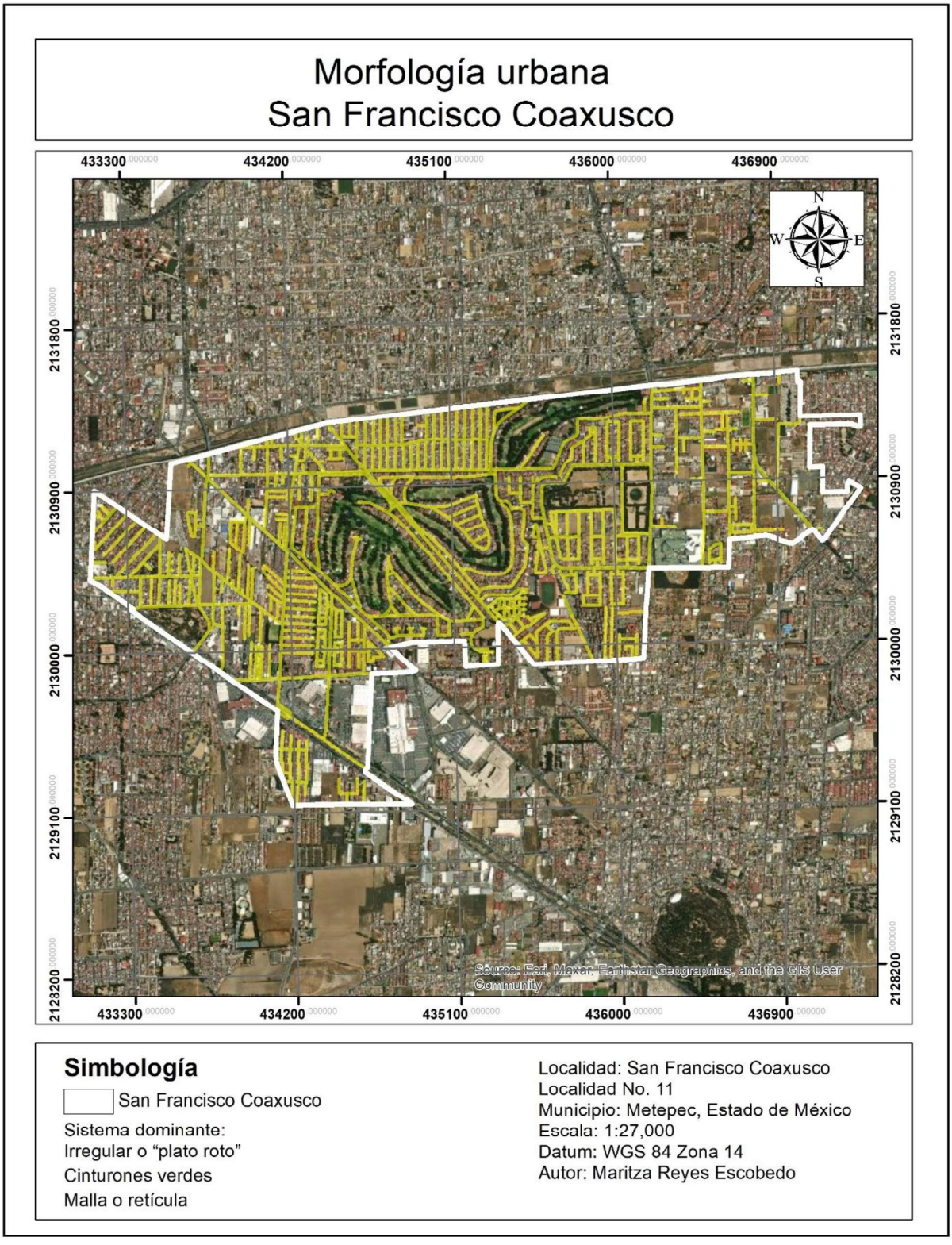
Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 11 Medio natural y artificial: San Francisco Coaxusco

<table>
<tr><th colspan="8">Localidad 11: San Francisco Coaxusco</th></tr>
<tr><td colspan="8">Forma urbana:
Sistema irregular o plato roto
Sistema de malla o retícula
Cinturones verdes</td></tr>
<tr><th colspan="8">Características físicas</th></tr>
<tr><td colspan="4">Medio natural</td><td colspan="4">Medio artificial</td></tr>
<tr><td colspan="4">Presencia de áreas naturales correspondientes a la zona de San Carlos, Parque la Providencia y Parque Árbol de la Vida.</td><td colspan="4">Asentamiento humano con morfología urbana diversa, alta densidad de construcción y vialidades, distribuidas en andadores, avenidas, boulevard, calles, calles y privadas. El color de los techos es variado: gris, blanco o marrón. Entre las edificaciones, hay presencia de áreas verdes.</td></tr>
<tr><th colspan="8">Temperaturas registradas</th></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">Verano</td><td colspan="4">Invierno</td></tr>
<tr><td>Temperatura máxima</td><td colspan="3">20.47 °C – 28.12 °C</td><td colspan="4">25.43 °C – 31.05 °C</td></tr>
<tr><td>Temperatura mínima</td><td colspan="3">3.12 °C – 10.77 °C</td><td colspan="4">16.43 °C – 20.55 °C</td></tr>
<tr><td>Presencia de islas de calor</td><td>Si</td><td>X</td><td>No</td><td></td><td>Si</td><td>X</td><td>No</td><td></td></tr>
<tr><th colspan="8">Temperatura de la superficie terrestre</th></tr>
<tr><td colspan="4">Verano</td><td colspan="4">Invierno</td></tr>
<tr><td colspan="4">  </td><td colspan="4">  </td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">3.12 °C – 10.77 °C</td><td></td><td colspan="3">16.43 °C – 20.55 °C</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">10.77 °C – 15.28 °C</td><td></td><td colspan="3">20.55 °C – 22.73 °C</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">15.28 °C – 18.02 °C</td><td></td><td colspan="3">22.73 °C – 24.05 °C</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">18.02 °C – 20.47 °C</td><td></td><td colspan="3">24.05 °C – 25.43 °C</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">20.47 °C – 28.12 °C</td><td></td><td colspan="3">25.43 °C – 31.05 °C</td></tr>
<tr><td colspan="8">Observaciones: San Carlos es un importante amortiguador de temperatura en la zona urbana, el parque Hípico también mantiene fresca a la ciudad, las causas de la isla de calor se pueden deber a la concentración de población, edificaciones y parque vehicular.</td></tr>
</table>

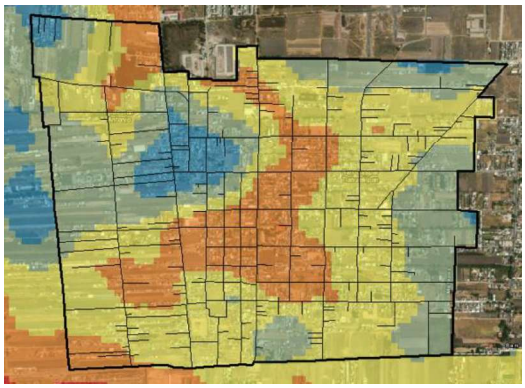
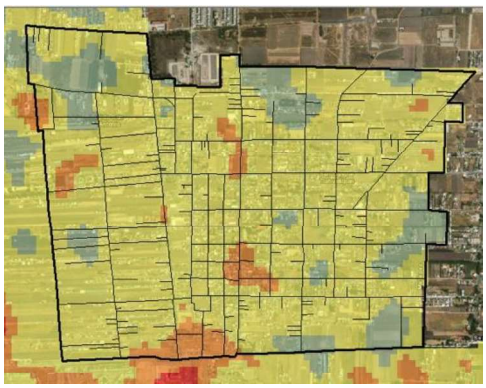
Fuente: Elaboración propia.

Mapa 34 Morfología urbana. San Francisco Coaxusco



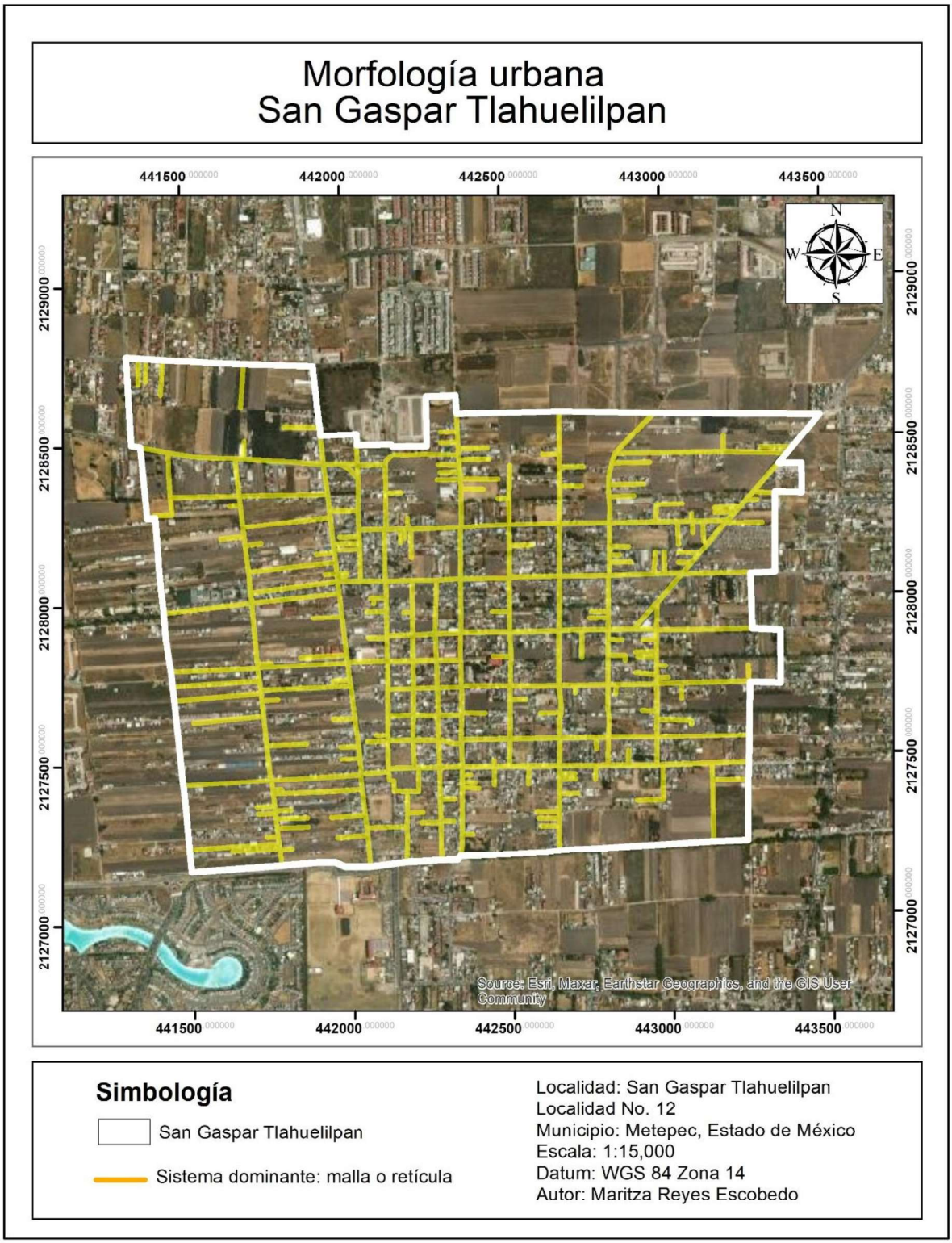
Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 12 Medio natural y artificial: San Gaspar Tlahuelilpan

Localidad 12: San Gaspar Tlahuelilpan								
Forma urbana: Sistema de malla o retícula								
Características físicas								
Medio natural				Medio artificial				
Presencia de zonas boscosas, distribución de árboles entre la mancha urbana, las zonas sin construcciones están destinadas a la agricultura, ya que se encuentra en una zona ejidal, además de ser una de las localidades con mayor diversidad de productos agrícolas producidos en la región.				Las vialidades son de carácter urbano, clasificadas en avenidas, calles y privadas. La densidad de construcción es alta, los techos son de colores variados: gris, blanco y marrón. Dentro de la mancha urbana se encuentran esparcidos algunos árboles, presencia de jardines o áreas verdes.				
Temperaturas registradas								
	Verano				Invierno			
Temperatura máxima	18.02 °C – 20.47 °C				24.05 °C – 25.43 °C			
Temperatura mínima	3.12 °C – 10.77 °C				20.55 °C – 22.73 °C			
Presencia de islas de calor	Si		No	X	Si		No	X
Temperatura de la superficie terrestre								
Verano				Invierno				
								
	3.12 °C – 10.77 °C				16.43 °C – 20.55 °C			
	10.77 °C – 15.28 °C				20.55 °C – 22.73 °C			
	15.28 °C – 18.02 °C				22.73 °C – 24.05 °C			
	18.02 °C – 20.47 °C				24.05 °C – 25.43 °C			
	20.47 °C – 28.12 °C				25.43 °C – 31.05 °C			
Observaciones: las localidades presentan puntos cálidos, sin embargo, no llegan a los niveles máximos registrados. Los puntos más frescos registrados en la localidad, pertenecen a asentamientos humanos con techos blancos, por otra parte, los lugares que tienen temperaturas que oscilan de 20°C a 25°C se debe a lugares donde los techos son de colores variados, además de considerar la influencia del color de las vialidades.								

Fuente: Elaboración propia.

Mapa 35 Morfología urbana. San Gaspar Tlahuelilpan



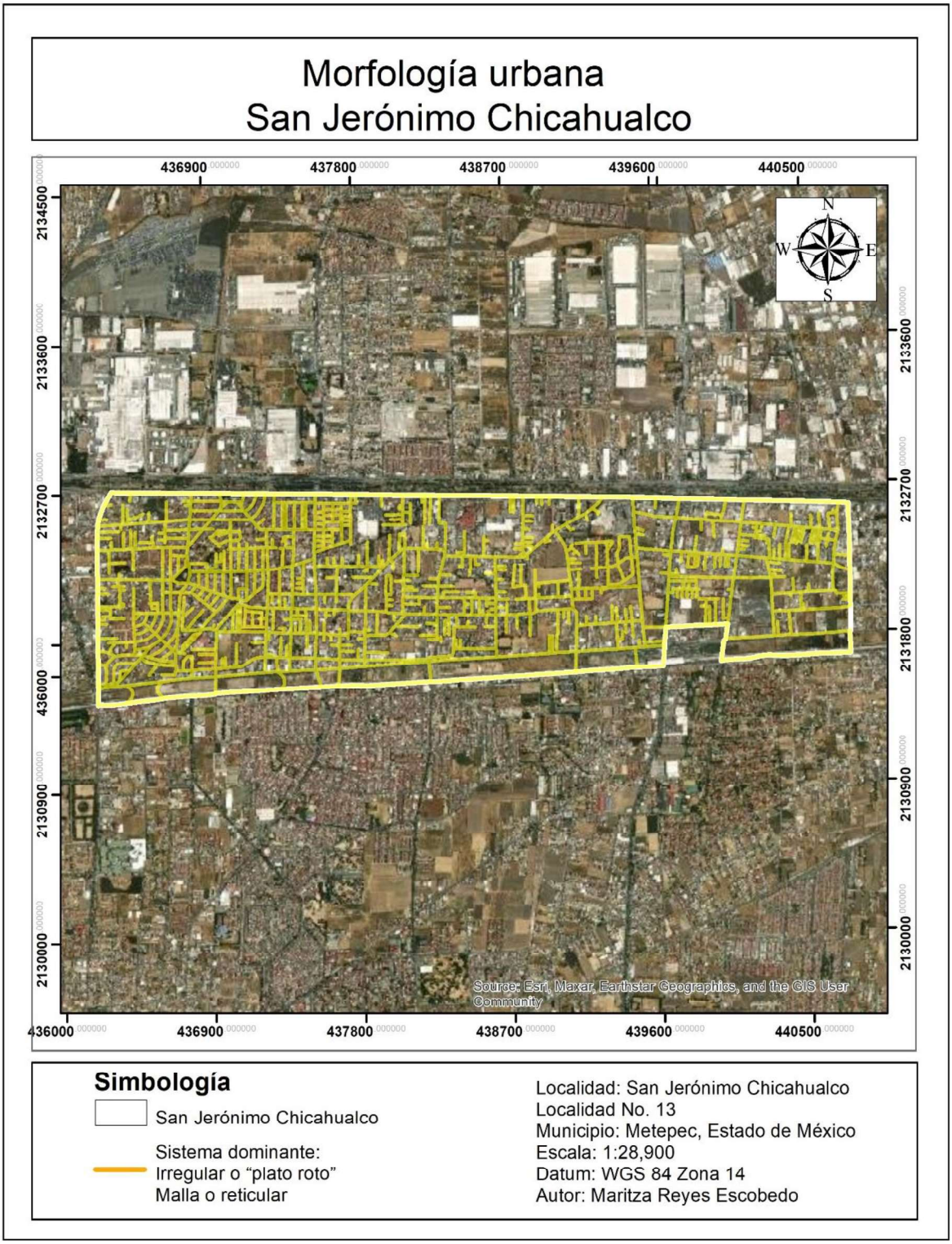
Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 13 Medio natural y artificial: San Jerónimo Chicahualco

<table>
<tr><th colspan="8">Localidad 13: San Jerónimo Chicahualco</th></tr>
<tr><td colspan="8">Forma urbana: Sistema irregular o “plato roto”</td></tr>
<tr><td colspan="8">Características físicas</td></tr>
<tr><td colspan="4">Medio natural</td><td colspan="4">Medio artificial</td></tr>
<tr><td colspan="4">El entorno está urbanizado en su totalidad, baja cobertura arbórea, y pocas áreas verdes, presencia de un canal de agua.</td><td colspan="4">La localidad está constituida en su mayoría por fraccionamientos (Casa Blanca, Los Pinos, Renacimiento, Pilares, Arboledas II, Quintas de San Jerónimo, Infonavit Tollocan II, Esperanza López Mateos, Fraccionamiento Arcos I y II, Fraccionamiento del Virrey, Villas Santa Teresa, Francisco I. Madero, Fraccionamiento Explanada del Parque y Agrícola Miguel Alemán. La densidad de construcción es alta, los techos en su mayoría son de color marrón, sin embargo hay una distribución homogénea de techos grises y blancos, además de vialidades en su mayoría de color gris.</td></tr>
<tr><td colspan="8">Temperaturas registradas</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">Verano</td><td colspan="4">Invierno</td></tr>
<tr><td>Temperatura máxima</td><td colspan="3">20.47 °C – 28.12 °C</td><td colspan="4">25.43 °C – 31.05 °C</td></tr>
<tr><td>Temperatura mínima</td><td colspan="3">3.12 °C – 10.77 °C</td><td colspan="4">20.55 °C – 22.73 °C</td></tr>
<tr><td>Presencia de islas de calor</td><td>Si</td><td>X</td><td>No</td><td></td><td>Si</td><td>X</td><td>No</td></tr>
<tr><td colspan="8">Temperatura de la superficie terrestre</td></tr>
<tr><td colspan="4">Verano</td><td colspan="4">Invierno</td></tr>
<tr><td colspan="4">  </td><td colspan="4">  </td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">3.12 °C – 10.77 °C</td><td></td><td colspan="3">16.43 °C – 20.55 °C</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">10.77 °C – 15.28 °C</td><td></td><td colspan="3">20.55 °C – 22.73 °C</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">15.28 °C – 18.02 °C</td><td></td><td colspan="3">22.73 °C – 24.05 °C</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">18.02 °C – 20.47 °C</td><td></td><td colspan="3">24.05 °C – 25.43 °C</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">20.47 °C – 28.12 °C</td><td></td><td colspan="3">25.43 °C – 31.05 °C</td></tr>
<tr><td colspan="8">Observaciones: Los puntos más cálidos en verano se encuentran en el Fraccionamiento Casa Blanca Los Pinos, la zona del Centro Médico ISSEMYM, la Bombonera, lugares que muestran estrés térmico tanto por las características de la edificación como de la concentración de gente. En invierno, el punto más fresco corresponde al Centro Comercial Wal-Mart.</td></tr>
</table>

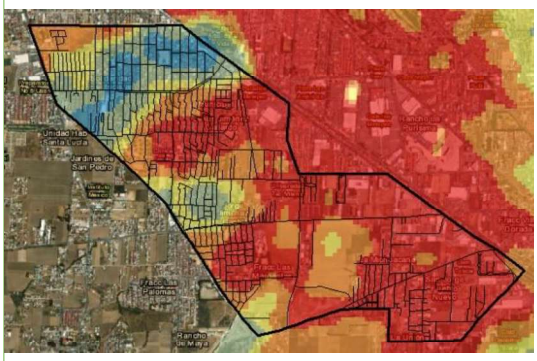
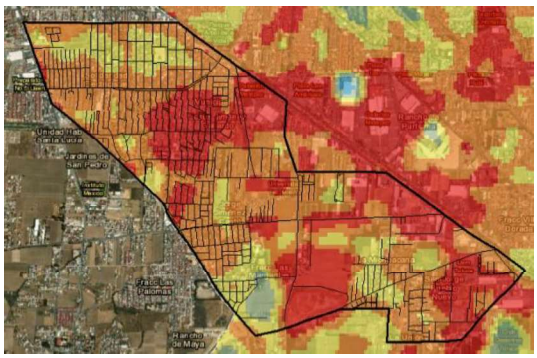
Fuente: Elaboración propia.

Mapa 36 Morfología urbana. San Jerónimo Chicahualco



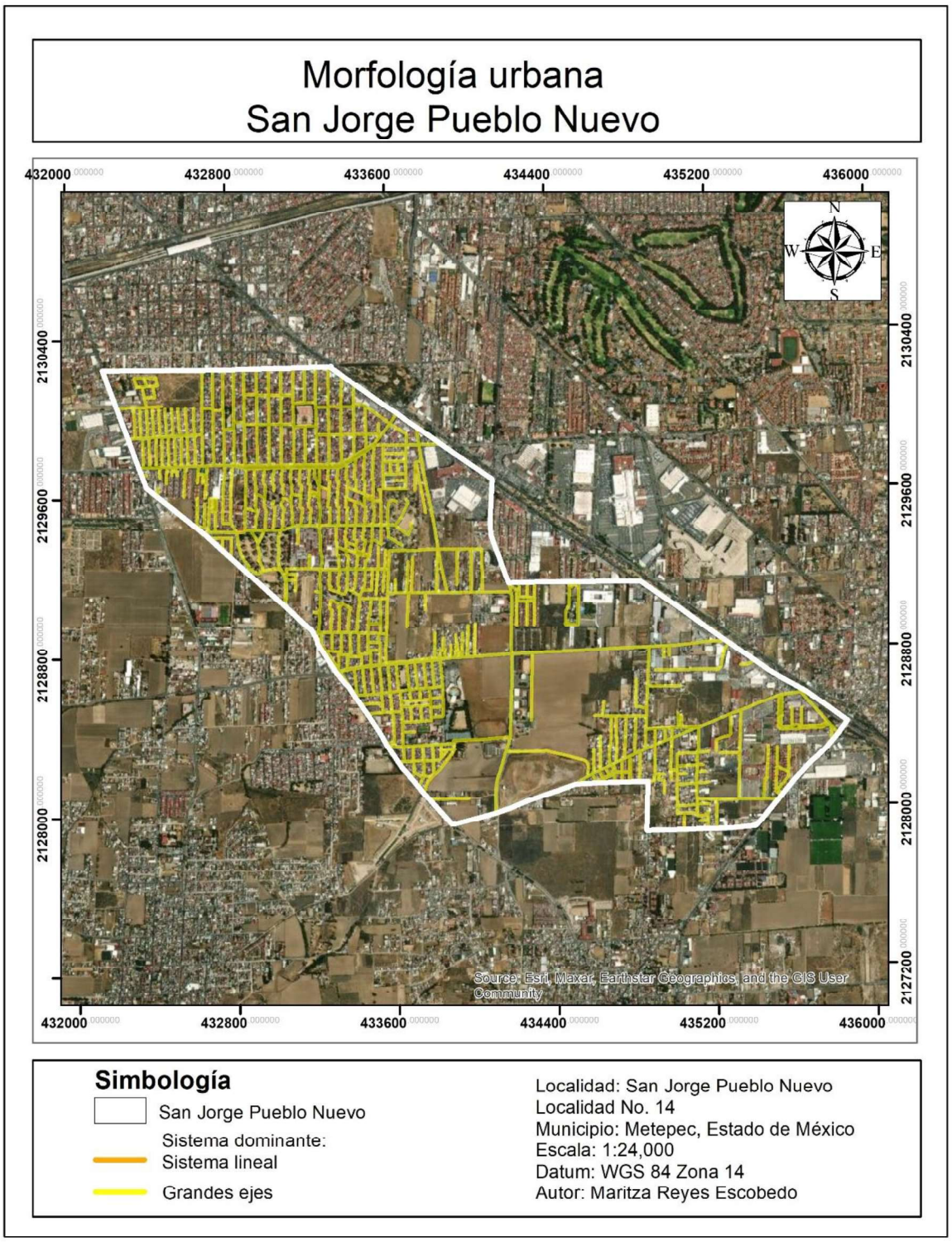
Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 14 Medio natural y artificial: San Jorge Pueblo Nuevo

Localidad 14: San Jorge Pueblo Nuevo								
Forma urbana: Sistema lineal Sistema de grandes ejes								
Características físicas								
Medio natural				Medio artificial				
Presencia de una corriente de agua intermitente, baja densidad de áreas verdes, presencia de predios baldíos destinados a la agricultura.				Las calles en su totalidad son de carácter urbano, distribuidos en andadores, avenidas, calles, privadas y prolongaciones. La mayoría de los techos son de color marrón o gris. Una de las áreas verdes más grandes corresponde al Club Sportay Metepec.				
Temperaturas registradas								
	Verano				Invierno			
Temperatura máxima	20.47 °C – 28.12 °C				25.43 °C – 31.05 °C			
Temperatura mínima	3.12 °C – 10.77 °C				20.55 °C – 22.73 °C			
Presencia de islas de calor	Si	X	No		Si	X	No	
Temperatura de la superficie terrestre								
Verano				Invierno				
								
3.12 °C – 10.77 °C				16.43 °C – 20.55 °C				
10.77 °C – 15.28 °C				20.55 °C – 22.73 °C				
15.28 °C – 18.02 °C				22.73 °C – 24.05 °C				
18.02 °C – 20.47 °C				24.05 °C – 25.43 °C				
20.47 °C – 28.12 °C				25.43 °C – 31.05 °C				
Observaciones: En verano los puntos más cálidos corresponden a algunos asentamientos urbanos, pero en su mayoría se concentra en lugares destinados a la agricultura. El punto más fresco, es el Fraccionamiento Luisa Isabel Campos, al ser un asentamiento humano con forma de retícula, vialidades grises y los techos son marrones, presentan menor estrés térmico, sin embargo, en verano tiene el efecto contrario. Po otra parte, un punto que se mantiene cálido en ambas estaciones del año, es la Universidad UVM Toluca se mantienen cálidos todo el tiempo.								

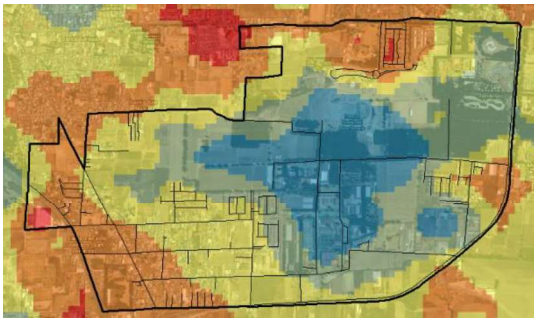
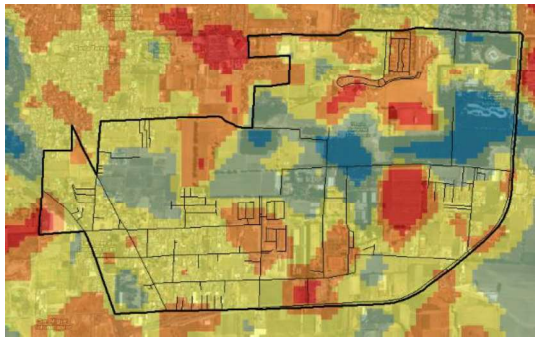
Fuente: Elaboración propia.

Mapa 37 Morfología urbana. San Jorge Pueblo Nuevo



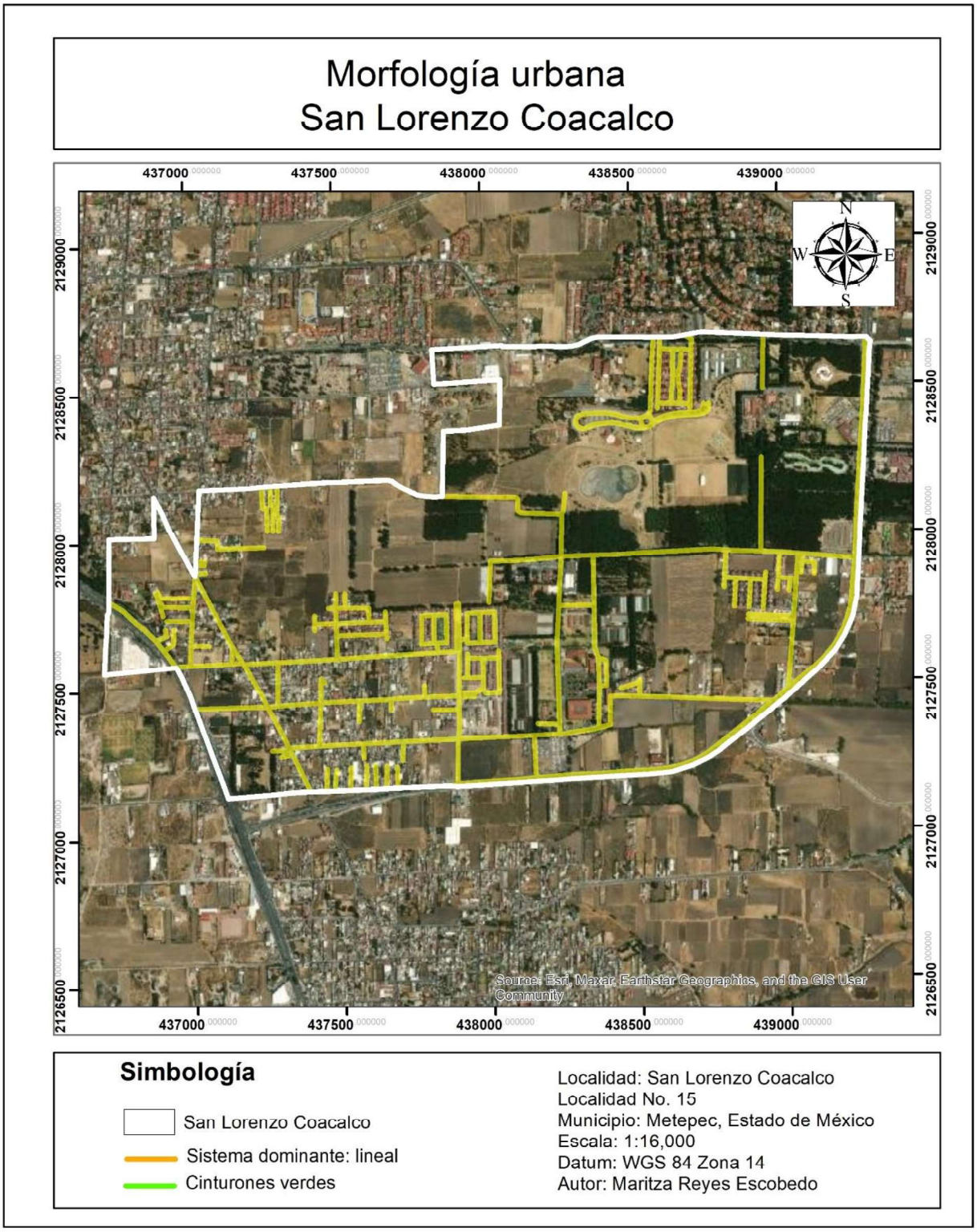
Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 15 Medio natural y artificial: San Lorenzo Coacalco (San Lorenzo)

Localidad 15: San Lorenzo Coacalco (San Lorenzo)								
Forma urbana: Sistema lineal Cinturones verdes								
Características físicas								
Medio natural				Medio artificial				
Cuenta con una importante área natural, correspondiente al Parque Ambiental Bicentenario, posteriormente se encuentran zonas destinadas al uso agrícola.				Las carreteras en su totalidad son de carácter urbano, densidad de construcción media con techos color marrón o claros (gris o blanco). Presencia de áreas verdes entre la mancha urbana.				
Temperaturas registradas								
	Verano				Invierno			
Temperatura máxima	18.02 °C – 20.47 °C				25.43 °C – 31.05 °C			
Temperatura mínima	3.12 °C – 10.77 °C				16.43 °C – 20.55 °C			
Presencia de islas de calor	Si		No	X	Si	X	No	
Temperatura de la superficie terrestre								
Verano				Invierno				
								
	3.12 °C – 10.77 °C				16.43 °C – 20.55 °C			
	10.77 °C – 15.28 °C				20.55 °C – 22.73 °C			
	15.28 °C – 18.02 °C				22.73 °C – 24.05 °C			
	18.02 °C – 20.47 °C				24.05 °C – 25.43 °C			
	20.47 °C – 28.12 °C				25.43 °C – 31.05 °C			
Observaciones: Presencia de islas de calor en invierno, en la zona de cultivo y pastizales (puede influir que la coloración del pasto en verano es color verde y en invierno es amarillo). Las características de las edificaciones favorecen a la reflectividad de la temperatura.								

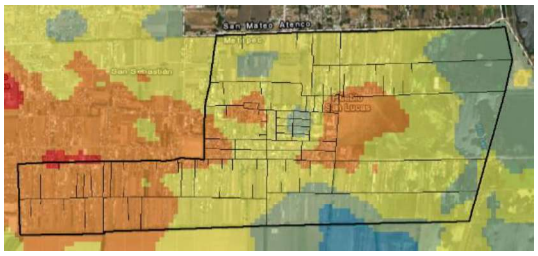
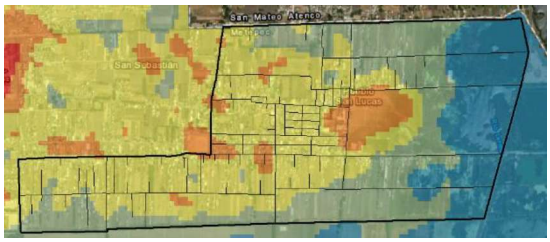
Fuente: Elaboración propia.

Mapa 38 Morfología urbana. San Lorenzo Coacalco (San Lorenzo)



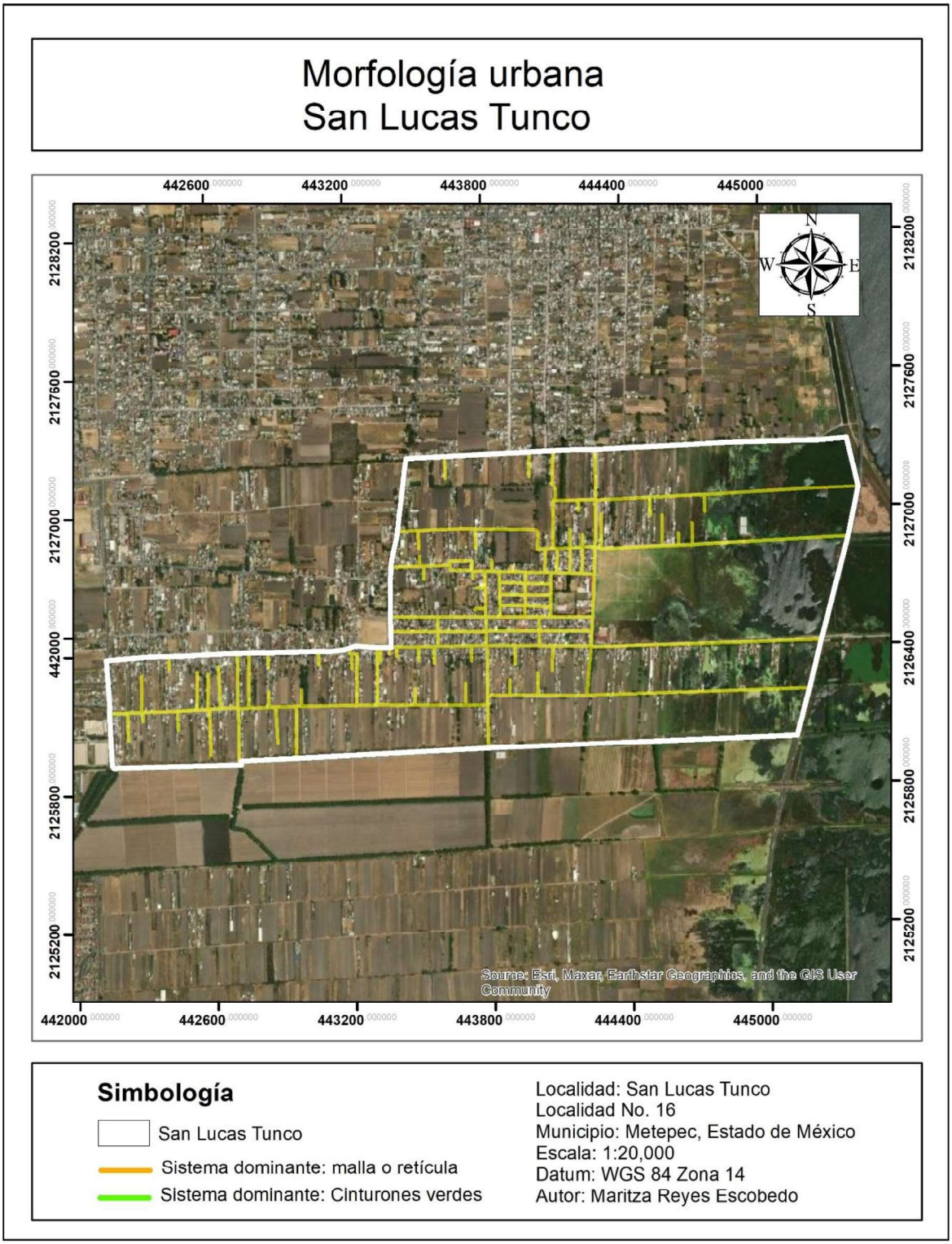
Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 16 Medio natural y artificial: San Lucas Tunco (San Lucas)

Localidad 16: San Lucas Tunco (San Lucas)								
Forma urbana: Sistema de malla o retícula Cinturones verdes								
Características físicas								
Medio natural				Medio artificial				
La localidad tiene uno de las áreas naturales más importantes del municipio, ya que abarca parte de las Ciénegas de Lerma, un lugar con abundantes árboles, cuerpos de agua, sin embargo, el exceso de humedad hace de la localidad un lugar fangoso, además de tener un canal de agua.				Las calles que se encuentran en la zona, en su totalidad son de carácter urbano, distribuidas en calles, carretas, privadas y prolongaciones, la densidad de construcción es baja, las características de las construcciones son techos blancos, marrones y grises, entre los asentamientos humanos se encuentran distribuidos algunos árboles y áreas verdes, las vialidades en su mayoría son de tonalidad gris o gris claro.				
Temperaturas registradas								
	Verano				Invierno			
Temperatura máxima	18.02 °C – 20.47 °C				16.43 °C – 20.55 °C			
Temperatura mínima	3.12 °C – 10.77 °C				24.05 °C – 25.43 °C			
Presencia de islas de calor	Si		No	X	Si		No	X
Temperatura de la superficie terrestre								
Verano				Invierno				
								
	3.12 °C – 10.77 °C				16.43 °C – 20.55 °C			
	10.77 °C – 15.28 °C				20.55 °C – 22.73 °C			
	15.28 °C – 18.02 °C				22.73 °C – 24.05 °C			
	18.02 °C – 20.47 °C				24.05 °C – 25.43 °C			
	20.47 °C – 28.12 °C				25.43 °C – 31.05 °C			
Observaciones: Los puntos más cálidos se encuentran en zonas destinadas al cultivo, además de interferir la tonalidad de los pastos presentes junto al Pueblo de San Lucas, así como las canchas de futbol.								

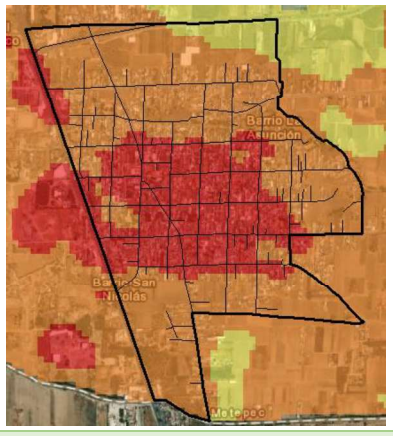
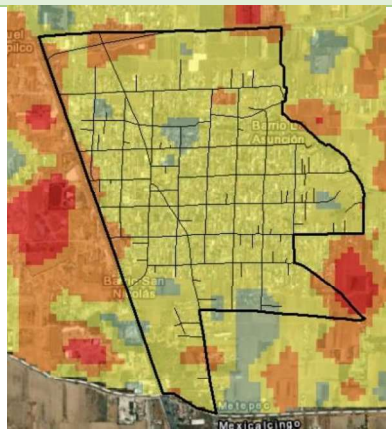
Fuente: Elaboración propia.

Mapa 39 Morfología urbana. San Lucas Tunco



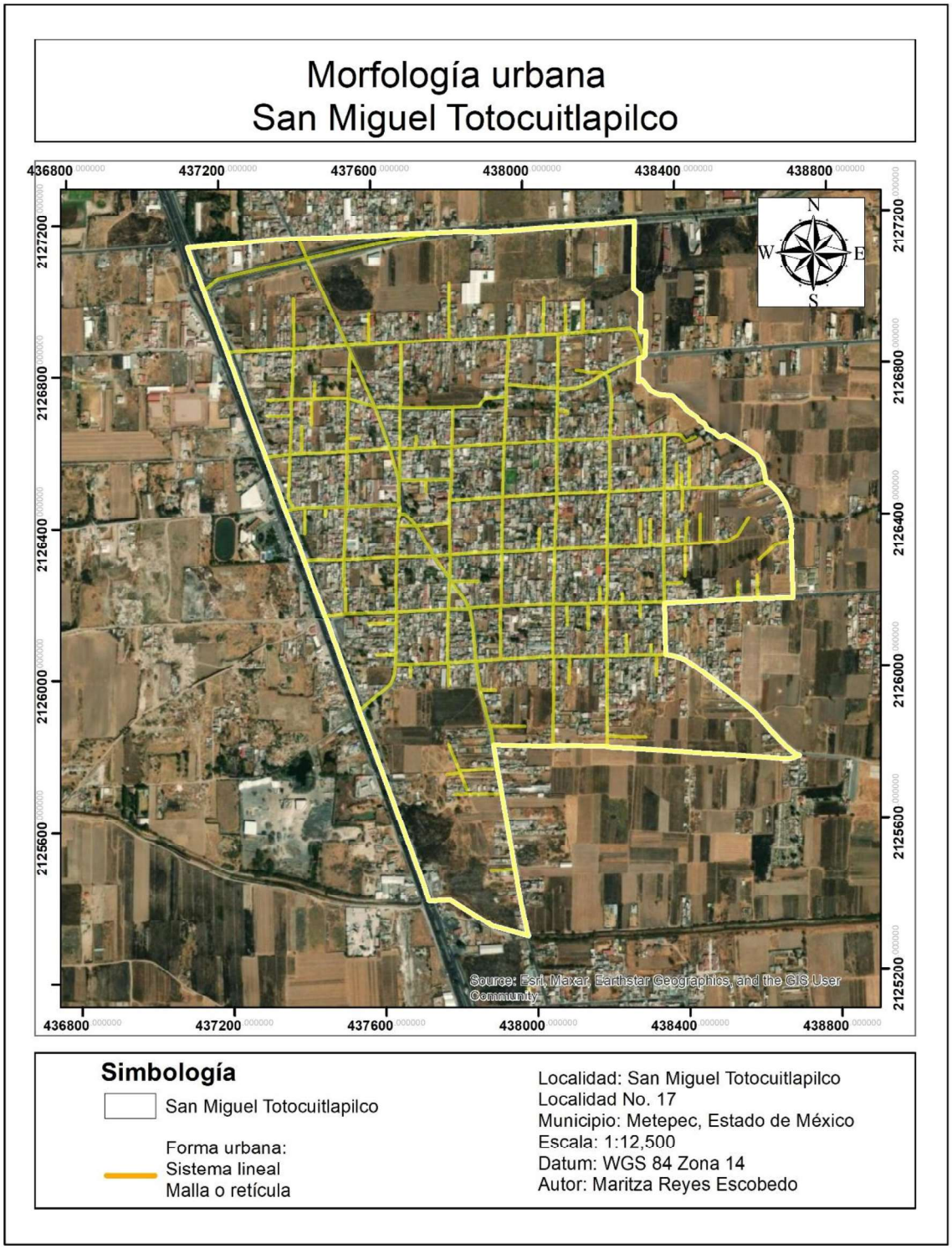
Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 17 Medio natural y artificial: San Miguel Totocuitlapilco

<table>
<tr><th colspan="10">Localidad 17: San Miguel Totocuitlapilco</th></tr>
<tr><td colspan="10">Forma urbana: Sistema lineal</td></tr>
<tr><td colspan="10">Características físicas</td></tr>
<tr><td colspan="5">Medio natural</td><td colspan="5">Medio artificial</td></tr>
<tr><td colspan="5">Presencia de áreas verdes (poco relevantes y abundantes), sin cuerpos de agua y predios destinados a la agricultura.</td><td colspan="5">Vialidades de carácter urbano, distribuidas en avenidas, calles y privadas. Alta densidad de construcción, con techos color blanco, marrón y gris. Las vialidades son de color gris (claro u obscuro), distribución de áreas verdes en la mancha urbana.</td></tr>
<tr><td colspan="10">Temperaturas registradas</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="4">Verano</td><td colspan="5">Invierno</td></tr>
<tr><td>Temperatura máxima</td><td colspan="4">20.47 °C – 28.12 °C</td><td colspan="5">24.05 °C – 25.43 °C</td></tr>
<tr><td>Temperatura mínima</td><td colspan="4">15.28 °C – 18.02 °C</td><td colspan="5">20.55 °C – 22.73 °C</td></tr>
<tr><td>Presencia de islas de calor</td><td>Si</td><td>X</td><td>No</td><td></td><td>Si</td><td></td><td>No</td><td>X</td></tr>
<tr><td colspan="10">Temperatura de la superficie terrestre</td></tr>
<tr><td colspan="5">Verano</td><td colspan="5">Invierno</td></tr>
<tr><td colspan="5">  </td><td colspan="5">  </td></tr>
<tr><td></td><td colspan="4">3.12 °C – 10.77 °C</td><td></td><td colspan="4">16.43 °C – 20.55 °C</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="4">10.77 °C – 15.28 °C</td><td></td><td colspan="4">20.55 °C – 22.73 °C</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="4">15.28 °C – 18.02 °C</td><td></td><td colspan="4">22.73 °C – 24.05 °C</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="4">18.02 °C – 20.47 °C</td><td></td><td colspan="4">24.05 °C – 25.43 °C</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="4">20.47 °C – 28.12 °C</td><td></td><td colspan="4">25.43 °C – 31.05 °C</td></tr>
<tr><td colspan="10">Observaciones: La localidad muestra un cambio drástico en el comportamiento de las temperaturas y concentración de las islas de calor, siendo en verano la estación donde se sufre mayor estrés térmico, especialmente en donde hay mayor concentración de edificaciones. Por otra parte, en invierno reduce considerablemente la concentración de temperaturas, sin embargo, hay que considerar que la temperatura de diciembre es más elevada que las temperaturas registradas en invierno.</td></tr>
</table>

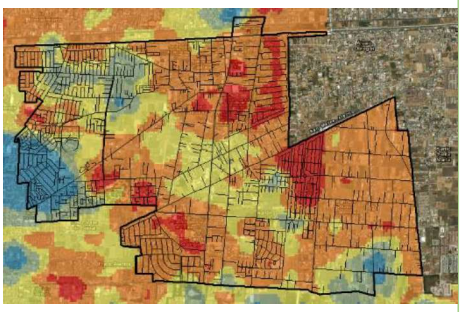
Fuente: Elaboración propia.

Mapa 40 Morfología urbana. San Miguel Totocuitlapilco



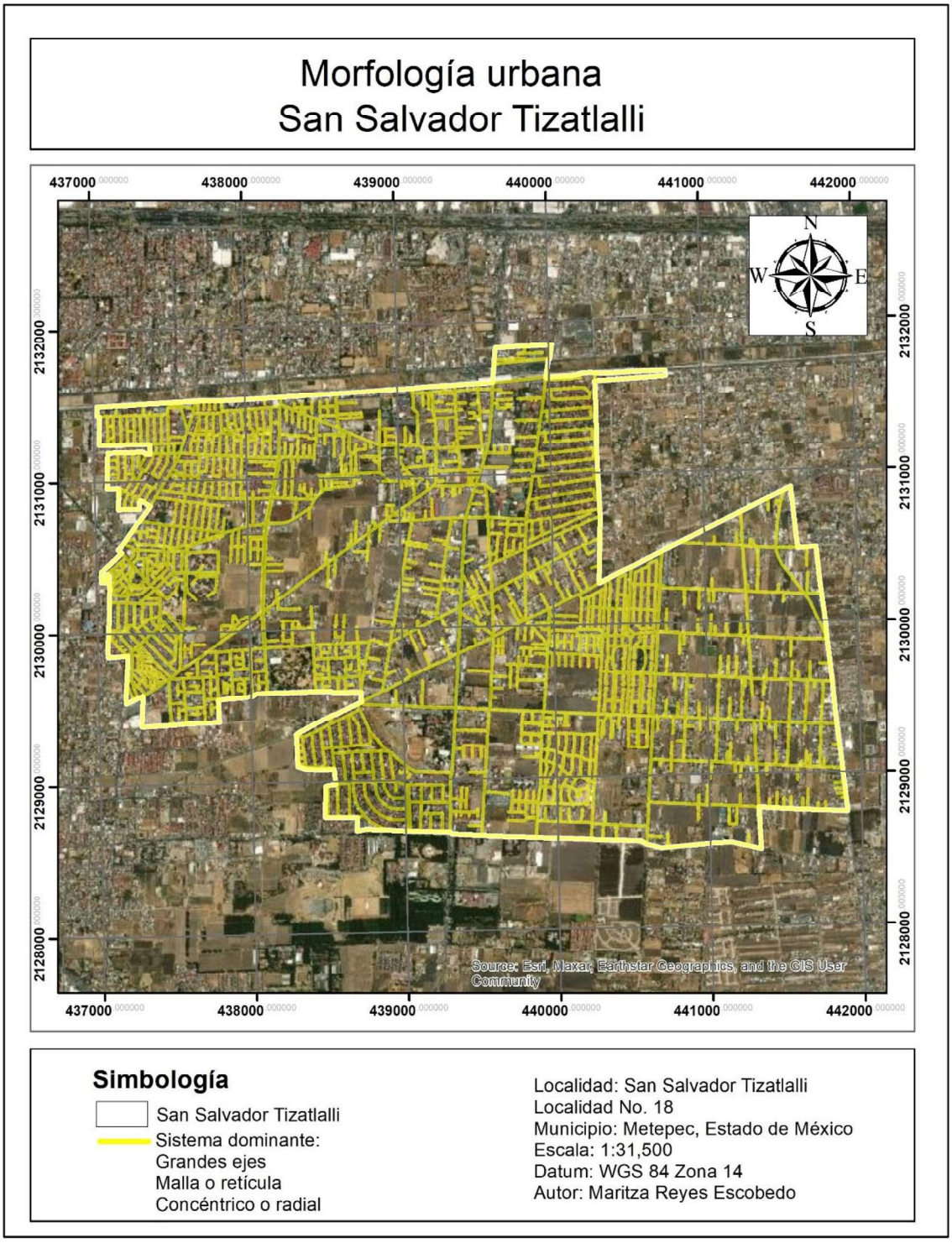
Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 18 Medio natural y artificial: San Salvador Tizatlalli

<table>
<tr><th colspan="8">Localidad 18: San Salvador Tizatlalli</th></tr>
<tr><td colspan="8">Forma urbana:
Sistema de grandes ejes
Sistema de malla o retícula
Sistema concéntrico o radial</td></tr>
<tr><th colspan="8">Características físicas</th></tr>
<tr><td colspan="4">Medio natural</td><td colspan="4">Medio artificial</td></tr>
<tr><td colspan="4">La localidad no tiene áreas naturales importantes, presencia de un cuerpo de agua (canal), importante presencia de áreas con suelo agrícola.</td><td colspan="4">Las vialidades se distribuyen en andadores, avenidas, calles, calzadas, carreteras, circuitos y privadas, en su totalidad son de carácter urbano, cuya característica principal es la tonalidad gris. Distribución de cobertura arbórea solo en determinados asentamientos humanos. Dependiendo de los fraccionamientos puede que el color de los techos se distribuya de manera uniforme (color marrón) o muestre mezclas en las tonalidades gris y blanco.</td></tr>
<tr><th colspan="8">Temperaturas registradas</th></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">Verano</td><td colspan="4">Invierno</td></tr>
<tr><td>Temperatura máxima</td><td colspan="3">20.47 °C – 28.12 °C</td><td colspan="4">25.43 °C – 31.05 °C</td></tr>
<tr><td>Temperatura mínima</td><td colspan="3">3.12 °C – 10.77 °C</td><td colspan="4">20.55 °C – 22.73 °C</td></tr>
<tr><td>Presencia de islas de calor</td><td>Si</td><td>X</td><td>No</td><td>Si</td><td>X</td><td>No</td><td></td></tr>
<tr><th colspan="8">Temperatura de la superficie terrestre</th></tr>
<tr><td colspan="4">Verano</td><td colspan="4">Invierno</td></tr>
<tr><td colspan="4">  </td><td colspan="4">  </td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">3.12 °C – 10.77 °C</td><td></td><td colspan="3">16.43 °C – 20.55 °C</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">10.77 °C – 15.28 °C</td><td></td><td colspan="3">20.55 °C – 22.73 °C</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">15.28 °C – 18.02 °C</td><td></td><td colspan="3">22.73 °C – 24.05 °C</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">18.02 °C – 20.47 °C</td><td></td><td colspan="3">24.05 °C – 25.43 °C</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">20.47 °C – 28.12 °C</td><td></td><td colspan="3">25.43 °C – 31.05 °C</td></tr>
<tr><td colspan="8">Observaciones: El punto que se mantiene cálido en ambas épocas del año es el Fraccionamiento Los Castaños, colindando con una vialidad principal (Avenida Lerma), es un fraccionamiento con techos de color marrón, vialidades grises y sin presencia de áreas verdes importantes. Por otra parte, el Club Deportivo la Asunción muestra estrés térmico todo el tiempo, lo que se puede deber a la presencia de pasto sintético.
El Fraccionamiento de Infonavit San Francisco muestra menor estrés térmico en verano, cuyos factores con mayor influencia se podrían relacionar con la morfología urbana y su cercanía al Parque la Loma.</td></tr>
</table>

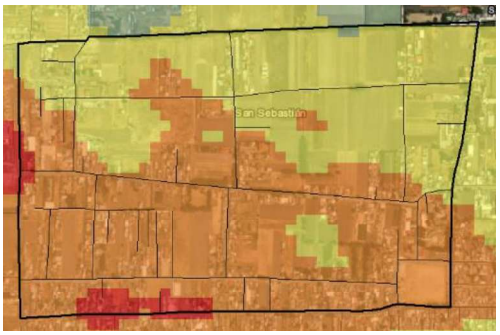
Fuente: Elaboración propia.

Mapa 41 Morfología urbana. San Salvador Tizatlalli



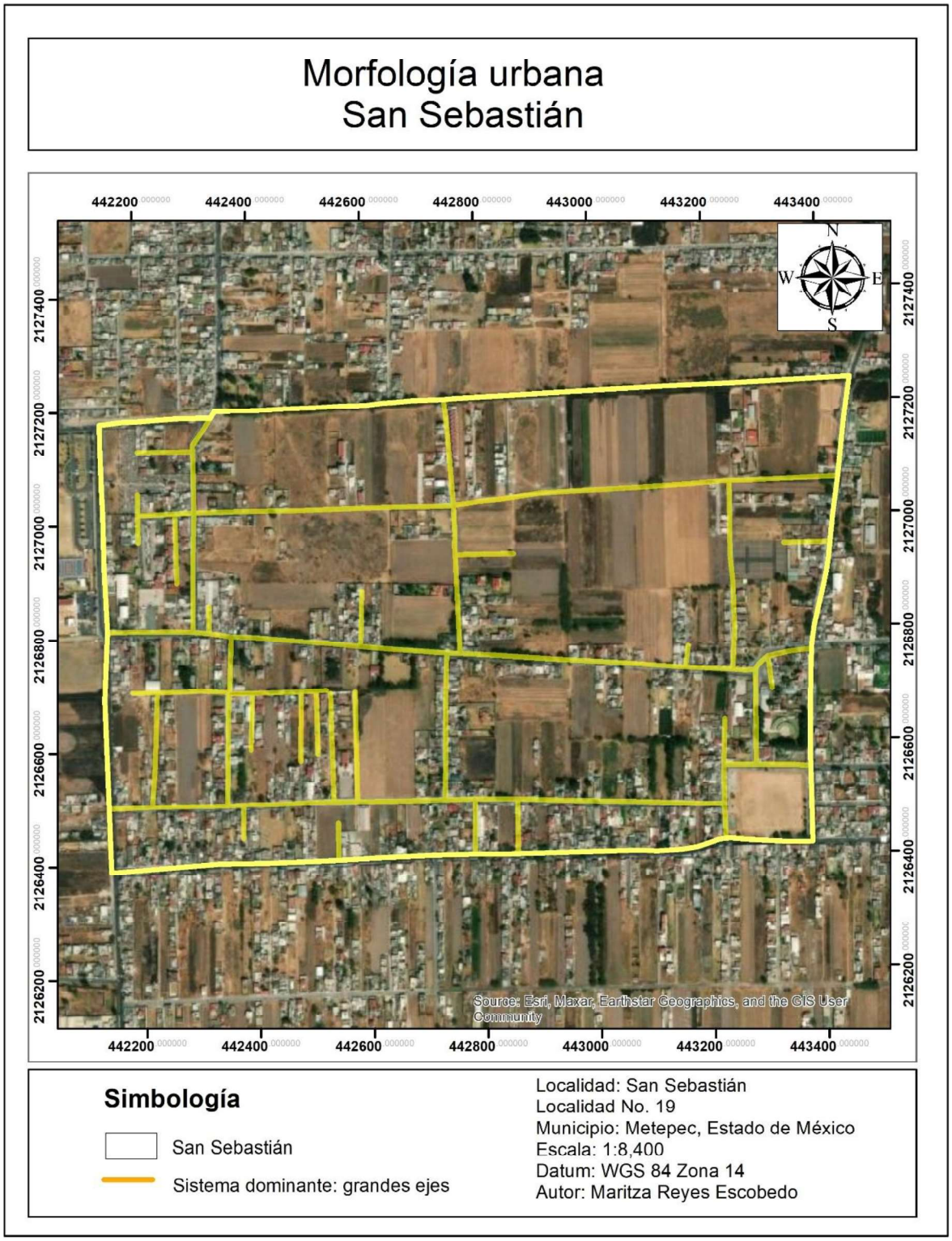
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 19 Medio natural y artificial: San Sebastián

<table>
<tr><th colspan="8">Localidad 19: San Sebastián</th></tr>
<tr><td colspan="8">Forma urbana: Sistema de grandes ejes</td></tr>
<tr><td colspan="8">Características físicas</td></tr>
<tr><td colspan="4">Medio natural</td><td colspan="4">Medio artificial</td></tr>
<tr><td colspan="4">Pequeñas manchas verdes, producto de la presencia de algunos árboles dentro de la mancha urbana, no hay presencia de cuerpos de agua, la mayor parte de los predios que no están construidos aún, corresponden a lotes destinados al uso de suelo agrícola.</td><td colspan="4">Vialidades rurales y urbanas, distribuidas en calles y privadas, ya sea pavimentadas o de terracería. La densidad de construcción es media, se centra en la parte sur de la localidad, los techos son de color marrón y gris.</td></tr>
<tr><td colspan="8">Temperaturas registradas</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">Verano</td><td colspan="4">Invierno</td></tr>
<tr><td>Temperatura máxima</td><td colspan="3">20.47 °C – 28.12 °C</td><td colspan="4">24.05 °C – 25.43 °C</td></tr>
<tr><td>Temperatura mínima</td><td colspan="3">15.28 °C – 18.02 °C</td><td colspan="4">20.55 °C – 22.73 °C</td></tr>
<tr><td>Presencia de islas de calor</td><td>Si</td><td></td><td>No</td><td></td><td>Si</td><td></td><td>No</td><td>X</td></tr>
<tr><td colspan="8">Temperatura de la superficie terrestre</td></tr>
<tr><td colspan="4">Verano</td><td colspan="4">Invierno</td></tr>
<tr><td colspan="4">  </td><td colspan="4">  </td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">3.12 °C – 10.77 °C</td><td></td><td colspan="3">16.43 °C – 20.55 °C</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">10.77 °C – 15.28 °C</td><td></td><td colspan="3">20.55 °C – 22.73 °C</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">15.28 °C – 18.02 °C</td><td></td><td colspan="3">22.73 °C – 24.05 °C</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">18.02 °C – 20.47 °C</td><td></td><td colspan="3">24.05 °C – 25.43 °C</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">20.47 °C – 28.12 °C</td><td></td><td colspan="3">25.43 °C – 31.05 °C</td></tr>
<tr><td colspan="8">Observaciones: Las zonas con estrés térmico y presencia de islas de calor en verano se da en zonas donde las edificaciones con techos grises, de igual manera, en invierno no hay presencia de islas de calor, sin embargo, esa misma zona tiene las temperaturas más altas registradas en esa época del año. Los puntos más frescos se encuentran en asentamientos humanos con techos blancos y cercanía a áreas verdes (árboles).</td></tr>
</table>

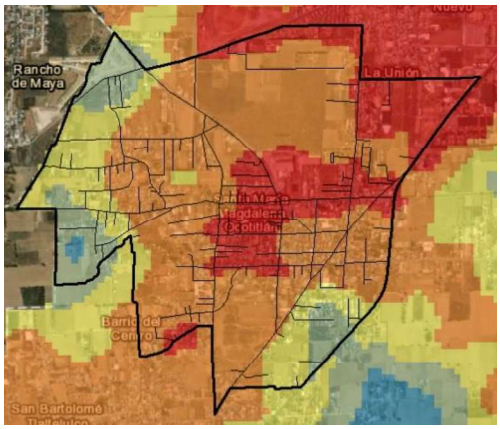
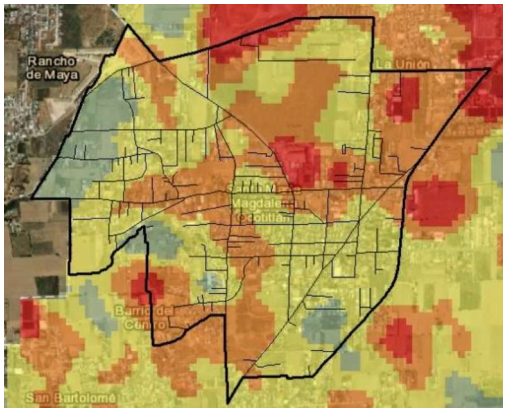
Fuente: Elaboración propia.

Mapa 42 Morfología urbana. San Sebastián



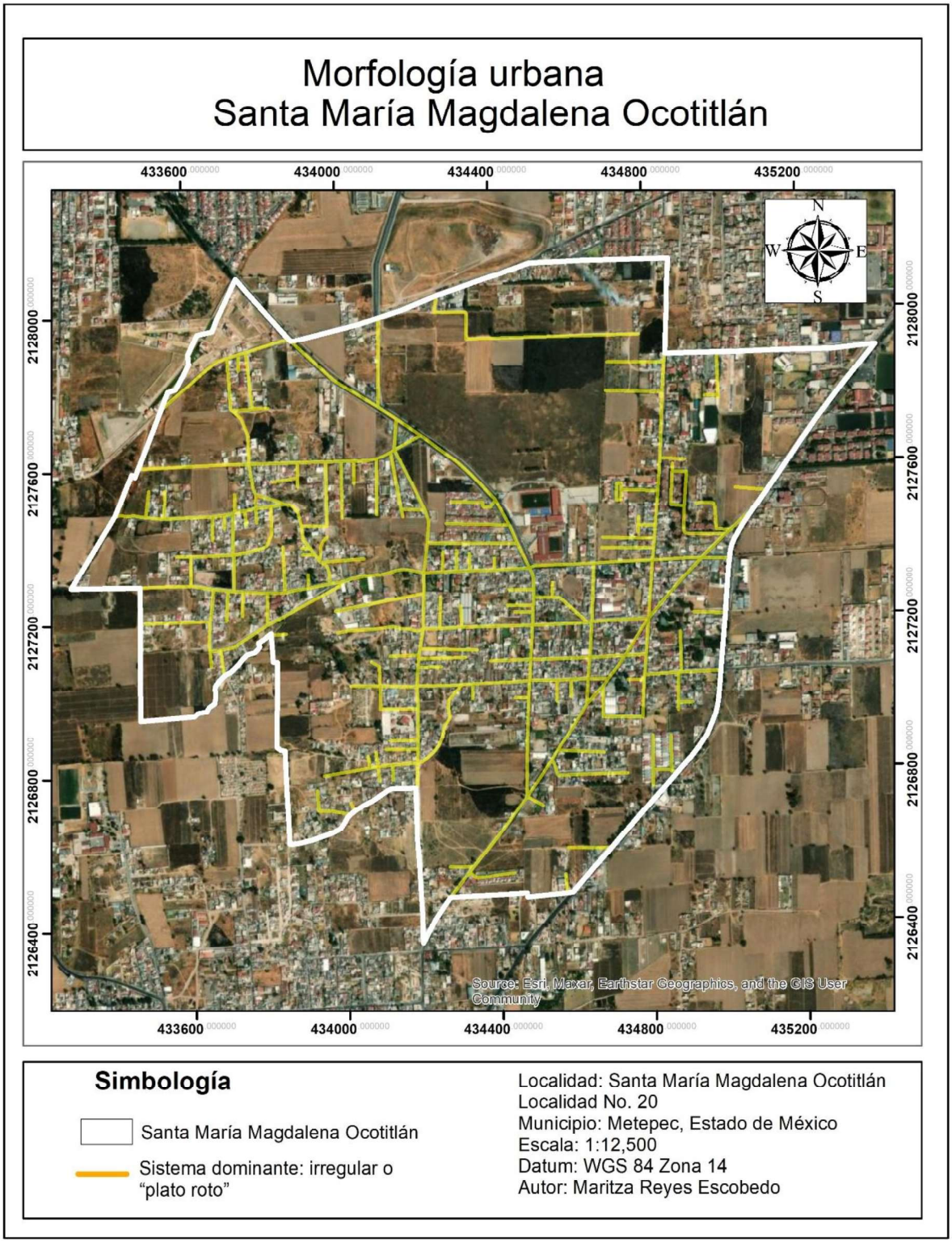
Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 20 Medio natural y artificial: Santa María Magdalena Ocotitlán

Localidad 20: Santa María Magdalena Ocotitlán								
Forma urbana: Sistema irregular o "plato roto"								
Características físicas								
Medio natural				Medio artificial				
Áreas verdes y pastizales, predios probablemente destinados al uso agrícola.				Avenidas, calles y privadas pavimentadas o de terracería, de carácter rural y urbano, la densidad de construcción es alta, las características de la construcción son techos marrones, blancos y grises, presencia de algunos árboles entre la mancha urbana.				
Temperaturas registradas								
	Verano				Invierno			
Temperatura máxima	20.47 °C – 28.12 °C				24.05 °C – 25.43 °C			
Temperatura mínima	3.12 °C – 10.77 °C				20.55 °C – 22.73 °C			
Presencia de islas de calor	Si	X	No		Si	X	No	
Temperatura de la superficie terrestre								
Verano				Invierno				
								
	3.12 °C – 10.77 °C				16.43 °C – 20.55 °C			
	10.77 °C – 15.28 °C				20.55 °C – 22.73 °C			
	15.28 °C – 18.02 °C				22.73 °C – 24.05 °C			
	18.02 °C – 20.47 °C				24.05 °C – 25.43 °C			
	20.47 °C – 28.12 °C				25.43 °C – 31.05 °C			
Observaciones: El punto más cálido constante tanto en verano como invierno, corresponde al Instituto Nevadi y el Centro Deportivo Gimnástico Eber. Por otra parte, en verano, la comunidad de Santa María Magdalena Ocotitlán, cuyas principales causas podrían ser la influencia de la forma urbana, densidad y características de la construcción, concentración poblacional, etc.								

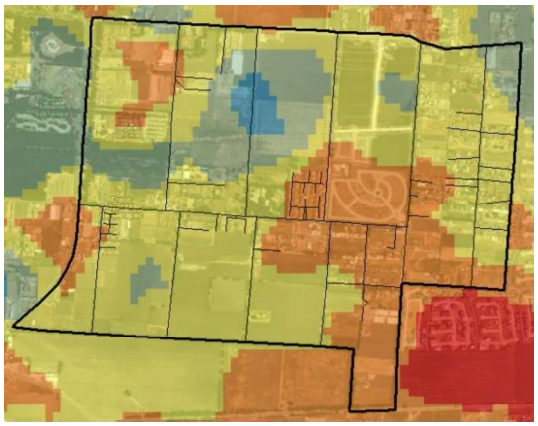
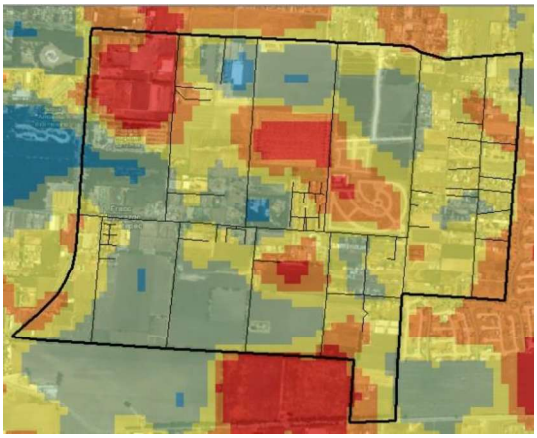
Fuente: Elaboración propia.

Mapa 43 Morfología urbana. Santa María Magdalena Ocotitlán



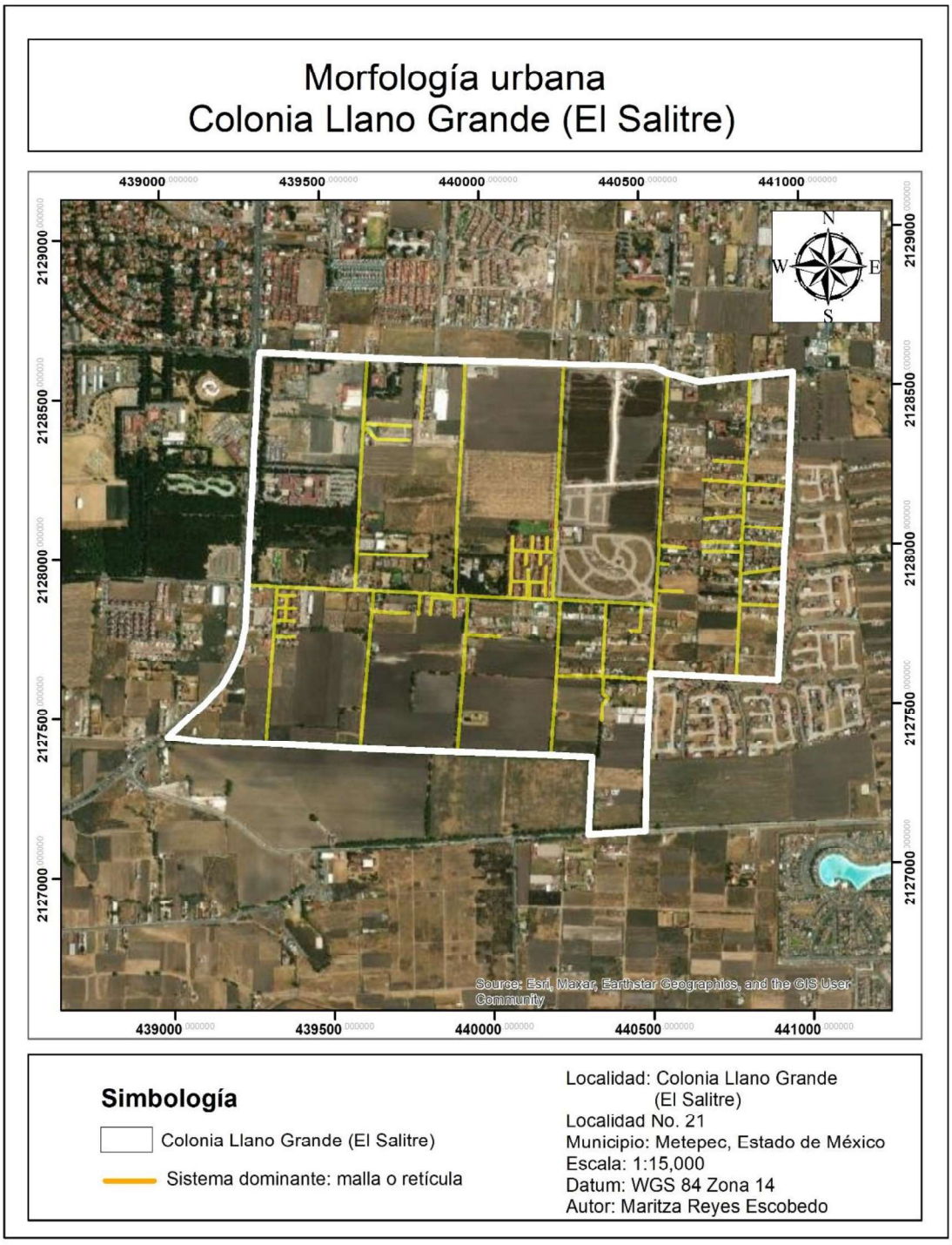
Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 21 Medio natural y artificial: Colonia Llano Grande (El Salitre)

<table>
<tr><th colspan="8">Localidad 21: Colonia Llano Grande (El Salitre)</th></tr>
<tr><td colspan="8">Forma urbana: Sistema de malla o retícula</td></tr>
<tr><td colspan="8">Características físicas</td></tr>
<tr><td colspan="4">Medio natural</td><td colspan="4">Medio artificial</td></tr>
<tr><td colspan="4">Parte del Parque Ambiental Bicentenario se encuentra dentro de esta localidad, no hay presencia de cuerpos de agua, sin embargo, existen diversos lotes posiblemente destinados al uso de suelo agrícola.</td><td colspan="4">La mayoría de las vialidades son de carácter rural, distribuidas en vialidades, bulevares, calles, cerradas y privadas de color gris, gris claro y café, existe baja densidad de construcción, los fraccionamientos tienen techos color marrón, sin embrago, también otros asentamientos humanos tienen techos grises o de color claro.</td></tr>
<tr><td colspan="8">Temperaturas registradas</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">Verano</td><td colspan="4">Invierno</td></tr>
<tr><td>Temperatura máxima</td><td colspan="3">18.02 °C – 20.47 °C</td><td colspan="4">25.43 °C – 31.05 °C</td></tr>
<tr><td>Temperatura mínima</td><td colspan="3">3.12 °C – 10.77 °C</td><td colspan="4">16.43 °C – 20.55 °C</td></tr>
<tr><td>Presencia de islas de calor</td><td>Si</td><td></td><td>No</td><td>X</td><td>Si</td><td>X</td><td>No</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="8">Temperatura de la superficie terrestre</td></tr>
<tr><td colspan="4">Verano</td><td colspan="4">Invierno</td></tr>
<tr><td colspan="4">  </td><td colspan="4">  </td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">3.12 °C – 10.77 °C</td><td></td><td colspan="3">16.43 °C – 20.55 °C</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">10.77 °C – 15.28 °C</td><td></td><td colspan="3">20.55 °C – 22.73 °C</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">15.28 °C – 18.02 °C</td><td></td><td colspan="3">22.73 °C – 24.05 °C</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">18.02 °C – 20.47 °C</td><td></td><td colspan="3">24.05 °C – 25.43 °C</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">20.47 °C – 28.12 °C</td><td></td><td colspan="3">25.43 °C – 31.05 °C</td></tr>
<tr><td colspan="8">Observaciones: La isla de calor en invierno se muestra con mayor intensidad donde se localiza la Dirección General de CONAGUA, Subdirección de Epidemiología y el Recinto Feria San Isidro Metepec, por otra parte, hay algunos puntos que muestran mayor estrés térmico, ya que su uso de suelo es agrícola, por lo que en diciembre no se encuentren en uso.</td></tr>
</table>

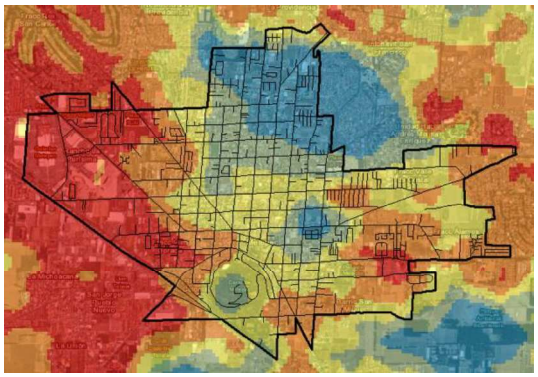
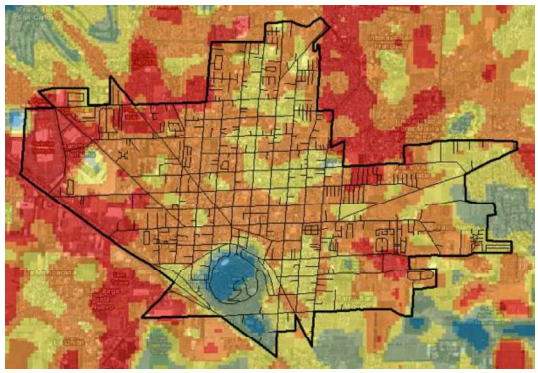
Fuente: Elaboración propia.

Mapa 44 Morfología urbana. Colonia Llano Grande



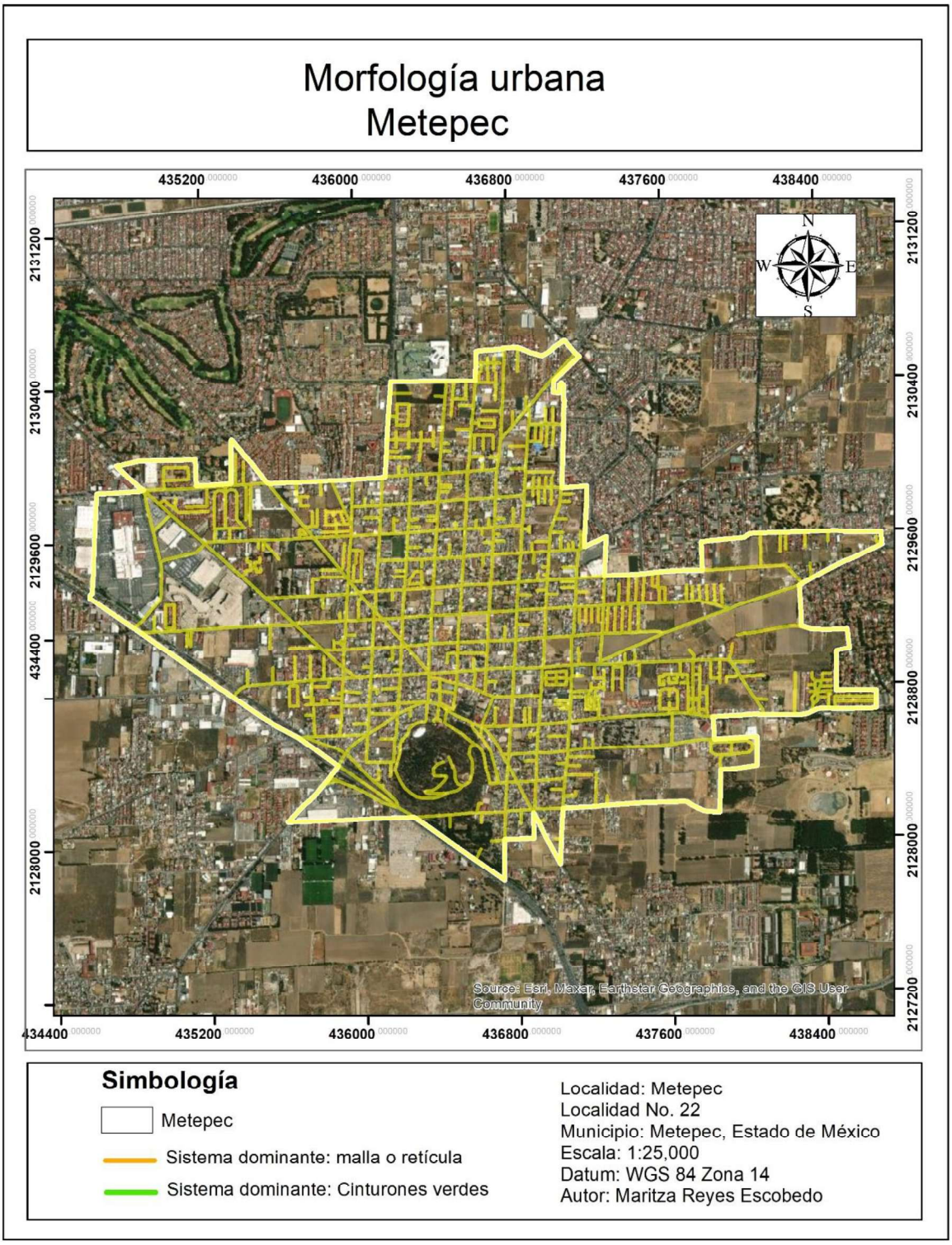
Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 22 Medio natural y artificial: Metepec

Localidad 22: Metepec								
Forma urbana: Sistema de malla o retícula Cinturones verdes								
Características físicas								
Medio natural				Medio artificial				
El cerro de Metepec es una de las áreas naturales más grandes de la localidad, presencia de un canal de agua, pequeños lotes destinados a la agricultura.				Las vialidades de la localidad son de carácter urbano, distribuidas en avenidas, calles, carreteras y privadas, alta densidad urbana, los colores de los techos son variables: gris, blanco y marrón, en el caso de los fraccionamientos, tienen techos de color marrón en su totalidad, las vialidades principales son de color gris, gris claro y algunas veredas.			
Temperaturas registradas								
	Verano				Invierno			
Temperatura máxima	20.47 °C – 28.12 °C				25.43 °C – 31.05 °C			
Temperatura mínima	3.12 °C – 10.77 °C				16.43 °C – 20.55 °C			
Presencia de islas de calor	Si	X	No		Si	X	No	
Temperatura de la superficie terrestre								
Verano				Invierno				
								
	3.12 °C – 10.77 °C				16.43 °C – 20.55 °C			
	10.77 °C – 15.28 °C				20.55 °C – 22.73 °C			
	15.28 °C – 18.02 °C				22.73 °C – 24.05 °C			
	18.02 °C – 20.47 °C				24.05 °C – 25.43 °C			
	20.47 °C – 28.12 °C				25.43 °C – 31.05 °C			
Observaciones: Los puntos que se mantienen cálidos tanto en verano como en invierno, son Galerías Metepec, y el Complejo Administrativo de Metepec. A pesar de haber gran concentración de construcciones, la morfología urbana actúa como un amortiguador de temperatura debido a la distribución de sus edificaciones, además de las características que cumple la localidad para considerarse un pueblo mágico.								

Fuente: Elaboración propia.

Mapa 45 Morfología urbana. Metepec



Fuente: Elaboración propia.

Apartado 3. Instrumentos de investigación

Encuesta 1

Cambio en el microclima urbano y consumo energético en las ciudades

Objetivo: Identificar la percepción de la población residente en el municipio de Metepec respecto al cambio en el microclima urbano en la zona, las afecciones a la salud que pudiesen experimentar debido al aumento de temperaturas en la zona, además del consumo energético que podría traer consigo la necesidad de atender lograr el confort térmico a corto plazo.

Instrucciones: Marque la respuesta que considere apropiada de acuerdo con su opinión y/o experiencia.

1- De acuerdo con las características de las ciudades, en algunos lugares se registran puntos más cálidos en comparación con zonas aledañas. A este fenómeno se le denomina Islas de Calor Urbano, consecuencia del cambio climático, modificando al microclima urbano, cuyo efecto adverso principal es el registro de temperaturas cada vez más altas. ¿Ha percibido dicho cambio?
   O Si O No

2- En caso de haber sufrido alguna afección a la salud cuando se expone a altas temperaturas en la ciudad, marque con una X los síntomas presentados (puede marcar más de una opción).
   O Golpe de calor
   O Mareo
   O Deshidratación
   O Dolor de cabeza
   O Hemorragia nasal
   O Gripe estacional
   O Desmayo
   O Afecciones a la piel
   O Ninguno

3- De acuerdo con la percepción del cambio en el microclima del municipio de Metepec, ¿considera que la temperatura seguirá aumentando a tal grado, que será necesario el uso de sistemas de aire acondicionado para mantener el confort térmico en las ciudades?
   O Si O No

4- ¿Considera que dicha situación podría traer consigo mayor consumo de energía eléctrica?
   O Si O No

5- ¿Cuál de los siguientes sistemas de confort térmico considera que tendrán mayor demanda?
   O Enfriamiento O Calefacción

6- ¿Considera será posible cubrir la demanda de energía eléctrica para abastecer los sistemas de confort térmico?
   O Será posible O No será posible

Gracias por su participación

Encuesta 2

Aportaciones interdisciplinarias en materia de sustentabilidad, cambio climático y diseño urbano

Objetivo: Investigar la perspectiva de la comunidad universitaria relacionada con temas de sustentabilidad, analizando la profundidad con la que se aborda en la licenciatura cursada, el interés e importancia que tienen respecto a temas medioambientales, así como las aportaciones que pueden brindar a la sustentabilidad desde su formación universitaria, ya que representan a los futuros profesionistas y tomadores de decisiones dentro de la sociedad; con la finalidad de obtener una visión integradora e interdisciplinaria de posibles estrategias que se puedan implementar en las ciudades en el futuro.

Instrucciones: Marque la respuesta que considere apropiada de acuerdo con su perspectiva.

Licenciatura: _____ Semestre: _____

1- De acuerdo con el mapa curricular de la licenciatura cursada, ¿se abordan asignaturas relacionadas con la sustentabilidad?
   O Si O No

En caso de que su respuesta sea afirmativa, pase a la pregunta 2. En caso de que su respuesta sea negativa, pase a la pregunta 3.

2- ¿Cómo califica el nivel en que se aborda la asignatura?
   O Deficiente
   O Regular
   O Bueno
   O Excelente
3- ¿Considera que sería pertinente abordar el tema de la sustentabilidad en las universidades?
   O Es pertinente O No es pertinente
4- De acuerdo con la licenciatura que cursa, ¿considera que está relacionada con la sustentabilidad?
   O Si tiene relación O No tiene relación
5- En caso de respuesta positiva o negativa, argumente su respuesta: _____
6- ¿Qué tan importante considera que se aborde el tema de la sustentabilidad y cuidado del medio ambiente dentro de los planes de estudio de las universidades?
   O Poco importante
   O Importante
   O Muy importante
7- Desde su formación académica, ¿Qué aportaciones puede brindar al campo de la sustentabilidad como futuro profesionista para combatir el cambio climático?
   _____

Gracias por su participación

Apartado 4. Anexo fotográfico

Fotografía 1. El diseño urbano-arquitectónico



Fuente: Recorrido en campo realizado en julio de 2023.

El diseño urbano-arquitectónico se relaciona con el comportamiento de Temperatura de la Superficie Terrestre, siendo las superficies grises aquellas que retienen más calor.

Fotografía 2. Vegetación urbana



Fuente: Recorrido en campo realizado en julio de 2023.

Existen puntos donde la vegetación urbana es escasa, por lo que existe mayor posibilidad de experimentar el fenómeno de islas de calor urbano.

Fotografía 3. Verificentro



Fuente: Recorrido en campo realizado en julio de 2023.

Se han implementado una serie de estrategias que buscan reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero, entre ellos, la implementación de Verificentros en puntos clave.

Fotografía 4. Estacionamientos.



Fuente: Recorrido en campo realizado en septiembre de 2023.

Los estacionamientos son los principales elementos urbanos que retienen mayores temperaturas, debido a la capa de asfalto y la escasez de áreas verdes.

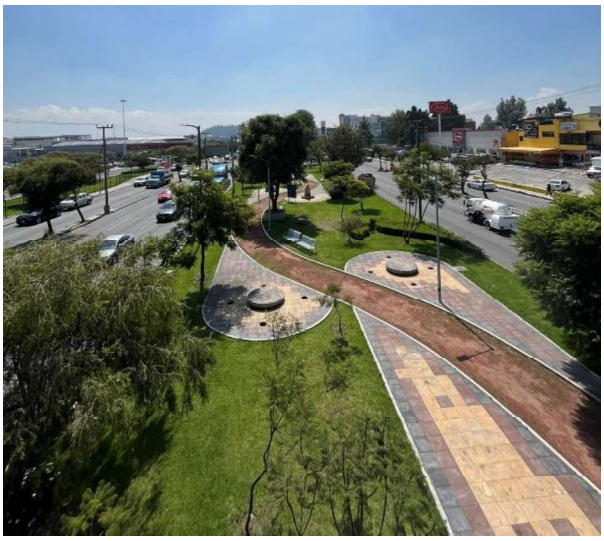
Fotografía 5. Vegetación Urbana.



Fuente: Recorrido en campo realizado en septiembre de 2023.

El arbolado urbano cumple una serie de funciones, entre ellas, depurar la atmósfera de contaminantes atmosféricos.

Fotografía 6. Andador peatonal



Fuente: Recorrido en campo realizado en septiembre de 2023.

Los corredores de ventilación urbana incluyen elementos como los andadores peatonales donde se implemente la vegetación urbana, aunado a ello se reduce el estrés térmico de la zona.

Fotografía 7. Concentración del parque vehicular



Fuente: Recorrido en campo realizado en septiembre de 2023.

Favorece la concentración de contaminantes en la atmósfera, además de propiciar el fenómeno de las islas de calor.

Fotografía 8. Servicios ambientales



Fuente: Recorrido en campo realizado en septiembre de 2023.

La vegetación urbana cumple una serie de funciones, entre ellas el esparcimiento y el confort térmico para los usuarios.

Fotografía 9. Caso contrario a los servicios ambientales



Fuente: Recorrido en campo realizado en septiembre de 2023.

Los usuarios buscan el confort térmico al hacer uso de espacios públicos destinados al esparcimiento. La falta de vegetación urbana, tiene como consecuencia el desuso del equipamiento urbano.

Fotografía 10. Estacionamientos y vegetación.



Fuente: Recorrido en campo realizado en septiembre de 2023.

A pesar de la implementación de áreas verdes en zonas donde hay mayor concentración de Temperatura de la Superficie Terrestre, resultan insuficientes, favoreciendo el efecto de islas de calor urbano.

Fotografía 11. Ciudad



Fuente: Recorrido en campo realizado en septiembre de 2023.

Dualidad entre la concentración de área urbana y zonas con abundancia de áreas verdes.

Fotografía 12. Los problemas de la mancha urbana.



Fuente: Recorrido en campo realizado en septiembre de 2023.

Los asentamientos humanos y las actividades desempeñadas en ellos, contaminan la atmósfera, generando una serie de problemas ambientales urbanos

Apartado 5. Propuesta de solución

Propuesta para techos reflectivos.

Cuadro 23 Propuesta para techos reflectivos

Impermeabilizantes recomendados				
Marca	**Rendimiento**	**Precio**	**Durabilidad**	**Especificaciones**
Sayer	19 litros	$1,750.00	5 años	El precio aplica igual para el color blanco o terracota.
Comex	19 litros	$1,500.00	3 años	Cotización aplicable solo al impermeabilizante blanco
		$1,800.00	5 años	
		$2,600.00	10 años	
Imperllanta	19 litros	$1,650.00	3 años	Superficie 13 a 15 m^2 se aplica a dos manos.
		$2,309.00	10 años	Antes se debe aplicar un sellador, cuyo galón cuesta $390.00, y si tiene grietas hay un cemento plástico que cuesta $90.00.
Imperfácil (Fester)	4 litros	$425.00	4 años	
	19 litros	$1,759.00	6 años	
	19 litros	$2,079.00	8 años	
Al-koat	19 litros	$2,300.00	6 años	
Sherwin Williams	19 litros	$4,265	10 años	Acrílico Techolastic
	19 litros	$1,397.00	5 años	
Acuario	19 litros	$929.00	3 años	Diseñado para aplicarse sobre superficies nuevas o para mantenimiento en superficies impermeabilizadas con anterioridad.

Fuente: Elaboración propia, presupuestos estimados tomados en mayo de 2023.

Propuesta de paleta vegetal. Especies arbóreas

Ficha técnica 1 Álamo temblón

Álamo temblón, Alamillo, Chopo temblón *Populus tremuloides Michx*			
 Fuente: Recorrido en campo realizado en agosto 2023.			
Familia botánica	Salicaceae	Tipo de hoja	Caducifolia
Altura	20 - 30 metros	Plagas y enfermedades	Escarabajo de hojas. Hongos que marchitan la fruta.
Ubicación	Zonas templadas y frías con ambiente húmedo. Nunca debe plantarse cerca de banquetas, camellones, o alguna otra obra civil.	Poda	Sólo se realizan para actuar contra el envejecimiento o enfermedad.
Suelo	Se adapta a varios tipos de suelo.	Observaciones	Copa cilíndrica, pierde sus hojas en invierno. Tolera heladas ligeras y leves sequías. No tiene raíces invasoras. Apto para la ciudad. Mediana tolerancia al smog. Se puede colocar en camellones de 4 o más metros, parques y jardines.
Riego	Abundante		
Abonado	Rico en materia orgánica		

Fuente: Árboles nativos, 2022.

Arce Negundo, Arce de hojas de fresno
Acer negundo



Fuente: Recorrido en campo realizado en agosto 2023.

Familia botánica	Aceráceas.	Tipo de hoja	No especificado
Altura	10 - 20 metros de altura	Plagas y enfermedades	Cochinilla algodonosa, pulgones y orugas. Hongos.
Ubicación	Pleno sol o con cierta semisombra	Poda	Mínimo cada dos años.
Suelo	Fértil, profundo y fresco.	Observaciones	Copa frondosa. Tolerante a la contaminación. Se coloca en alineaciones o parques. Forma cortinas rompe vientos.
Riego	No especificado		
Abonado	Necesario (preferiblemente compost)		

Fuente: Flores y Plantas.net, (2018).

Ciprés italiano
Cupressus sempervirens

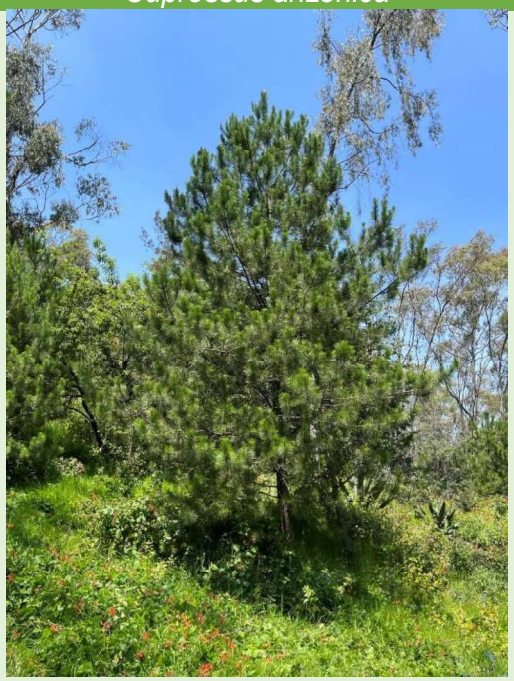


Fuente: Recorrido en campo realizado en agosto 2023.

Familia botánica	Cupressaceae	Tipo de hoja	Perenne
Altura	25-30 metros. Altura máxima: 45 metros	Plagas y enfermedades	Cancro (cáncer de ciprés). Ácaros. Gusanos del saco.
Ubicación	Colocar en la luz directa del sol.	Poda	No necesario.
Suelo	Se recomienda un suelo que permita un drenaje óptimo.	Observaciones	Raíces secundarias que le permiten mejor fijación al suelo. Ideales para plantar en áreas estrechas. Se pueden plantar en filas a lo largo del camino. Proporciona protección de vientos a los lugares expuestos. Se recomienda colocar cerca de edificios altos, ya que sus proporciones son demasiado elevadas para construcciones de un solo piso.
Riego	2 o 3 veces por semana en lo que se establece. Después no es tan necesario.		
Abonado	Utilizar fertilizante en primavera y verano.		

Fuente: Succulent Avenue, 2019.

Ficha técnica 4 Ciprés de Arizona

Ciprés de Arizona *Cupressus arizonica*			
 Fuente: Recorrido en campo realizado en agosto 2023.			
Familia botánica	Cupressaceae	Tipo de hoja	Perenne
Altura	Hasta 20 metros	Plagas y enfermedades	Tizón de fuego. Infecciones por hongos que marchitan la fruta. Tumor de cuello.
Ubicación	Colocar directamente al sol.	Poda	Anual antes de primavera.
Suelo	Amplio rango de tolerancia a suelos arenosos o arcillosos. No pueden ser suelos que retengan demasiada agua.	Observaciones	Copa más abierta y menos densa en comparación del ciprés común.
Riego	Cada 1 o 2 semanas.		
Abonado	No necesario		

Fuente: Ruiz, s.a.

Ficha técnica 5 Jacaranda

Jacaranda
Jacaranda mimosifolia

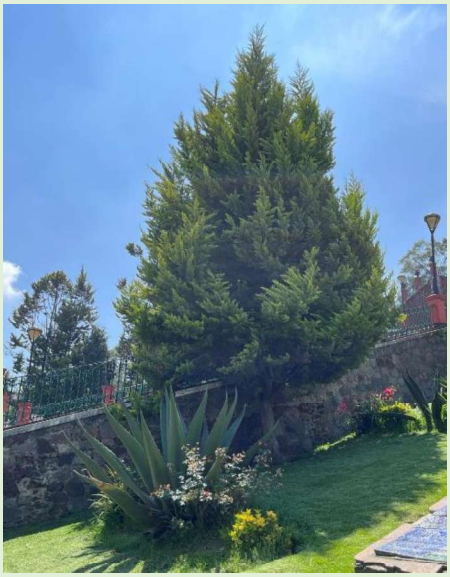


Fuente: Recorrido en campo realizado en agosto 2023.

Familia botánica	Bignoniaceae	Tipo de hoja	Caducifolia
Altura	20 a 25 metros.	Plagas y enfermedades	Pulgones. Resiste a los insectos. hongos como Capnodium citri (fumagina) y Xanthomonas glandis.
Ubicación	Resiste fríos y olas de calor. Se puede colocar a plano sol.	Poda	Durante el invierno mientras el árbol está inactivo.
Suelo	Húmedo	Observaciones	Embellecen los espacios urbanos. Produce gran cantidad de flores. Su copa no es densa. Raíces fasciculadas que salen a la superficie. Puede obstruir vialidades cuando tira sus hojas. Recomendable para zonas de tráfico vehicular ya que absorbe plomo y mitiga la contaminación atmosférica. Es un árbol de sombra, ornamental y aromático.
Riego	2 veces por semana		
Abonado	Se recomienda el uso de abono orgánico		

Fuente: Floresyplantas.net (2010).

Ficha técnica 6 Junípero

Junípero *Juniperus communis*			
			
Fuente: Recorrido en campo realizado en agosto 2023			
Familia botánica	Cupressaceae	Tipo de hoja	Perenne
Altura	Llega a medir un metro	Plagas y enfermedades	Hongos Plagas: cochinilla y araña roja.
Ubicación	Exposición al sol	Poda	No necesaria, a menos que se quiera convertir en un bonsái.
Suelo	Cualquier tipo de suelo mientras esté bien drenado.	Observaciones	Encargados de producir polen. Beneficios medicinales.
Riego	Moderado, es resistente a la sequía		
Abonado	Otoño y primavera con materia orgánica		

Fuente: Husqvarna-b, s.a.

Ficha técnica 7 Palmera Phoenix

Palmera Phoenix/ Palmera enana *Phoenix roebelenii*			
			
Fuente: Recorrido en campo realizado en agosto 2023.			
Familia botánica	Arecaceae	Tipo de hoja	Perenne
Altura	12-18 metros	Plagas y enfermedades	Araña Roja Araña Blanca Cochinillas Varias Cochinilla Roja de la Palmera Taladro Rosquilla Negra o Lagarta Parda Trips Coccotrypes Dactyliperda Margarita Picudo de la Palmera Apate Monachus Mythimna Joannisi
Ubicación	A pleno sol	Poda	Recortar las ramas enfermas, marchitas y cubiertas de maleza.
Suelo	Arena, Marga, Arcilla, Calcáreo, Ácido, Neutro, Alcalino	Observaciones	Utilizada en parques y jardines. Tolera la sequía. Copa densa formada por hojas erectas (las superiores) y caídas (las inferiores).
Riego	Cada una o dos semanas		
Abonado	Una vez cada 2 o 3 meses durante el crecimiento. Posteriormente, antes de invierno.		

Fuente: PictureThis, s.a.

Ficha técnica 8 Sauce llorón

Sauce llorón
Salix babylonica



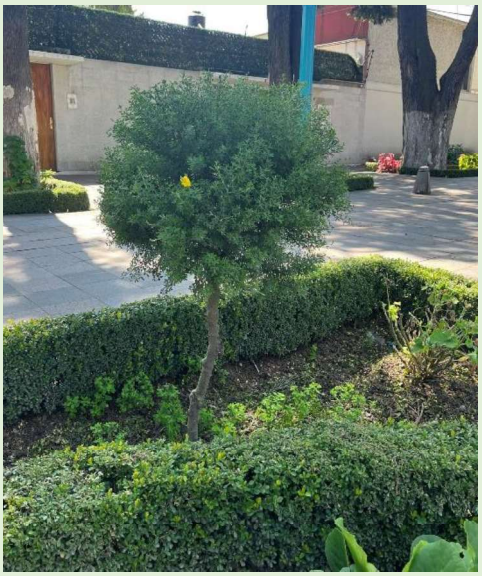
Fuente: Recorrido en campo realizado en agosto 2023.

Familia botánica	Salicáceas	Tipo de hoja	Caducifolia
Altura	26 metros. Cultivo: 8 metros.	Plagas y enfermedades	Manchas marrones. Escarabajo de las hojas. Falta de riego. Insectos chupadores de savia. Pudrición de la hoja. Minadores.
Ubicación	Colocarse directamente a la luz del sol.	Poda	Necesario
Suelo	Preferentemente húmedos.	Observaciones	Sus raíces ocupan mucho espacio. No se aconseja usar en jardines pequeños.
Riego	Cada 1 o 2 semanas. En verano, diario.		
Abonado	En etapa temprana, aplicar fertilizante nitrogenado 4 o 5 veces.		

Fuente: Sánchez, 2021.

Ficha técnica 9 Trueno

Trueno
Ligustrum lucidum W. T. Aiton





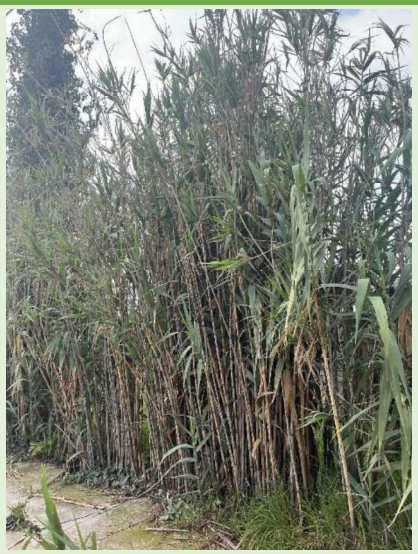
Fuente: Recorrido en campo realizado en agosto 2023.

Familia botánica	Oleaceae	Tipo de hoja	Perenne
Altura	3-8 metros	Plagas y enfermedades	Escarabajo de hojas.
Ubicación	No especificado	Poda	No necesaria
Suelo	Húmedo	Observaciones	Denominado especie invasora. Contiene propiedades medicinales.
Riego	Primavera y verano: cada dos días. Otoño e invierno: cada 3 o 4 días.		
Abonado	Aplicación durante los meses cálidos cada 15 días.		

Fuente: Blanco, 2020.

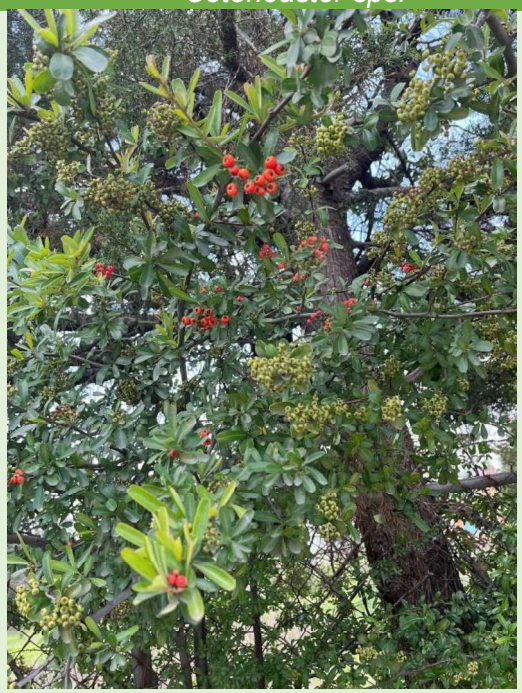
Propuesta de paleta vegetal. Especies arbustivas

Ficha técnica 10 Bambú

<table>
<tr><th colspan="4">Bambú
Bambusoideae</th></tr>
<tr><td colspan="4">  
Fuente: Recorrido en campo realizado en julio de 2023.</td></tr>
<tr><td>Familia botánica</td><td>Poaceae</td><td>Tipo de hoja</td><td>Perenne</td></tr>
<tr><td>Altura</td><td>Desde centímetros hasta 40 metros.</td><td>Plagas y enfermedades</td><td>Cochinilla, Ácaros,
Pulgones,
Araña blanca
Roya
Araña roja
Gusano alambre de bambú
Noctuidos Noctuidos de bambú
Gorgojos de bambú
La Estigma chinensis (Chrysomelidae)
Langosta de bambú
Rodillos de hojas
Cyrtotrachelus longipes (Curculionidae)</td></tr>
<tr><td>Ubicación</td><td>Requiere luz y sombra</td><td>Poda</td><td>En primavera</td></tr>
<tr><td>Suelo</td><td>Húmedo</td><td rowspan="3">Observaciones</td><td rowspan="3">Colocar una barrera anti-rizomas para evitar que se expanda descontroladamente.</td></tr>
<tr><td>Riego</td><td>Dos veces por semana</td></tr>
<tr><td>Abonado</td><td>No necesario</td></tr>
</table>

Fuente: Ochoa (2021) y Gómez, (2022).

Cotoneaster
Cotoneaster sps.



Fuente: Recorrido en campo realizado en julio de 2023.

Familia botánica	Rosáceas	Tipo de hoja	Perenne
Altura	2 metros	Plagas y enfermedades	Pulgones Polilla minadora Araña roja Cochinilla
Ubicación	Zonas soleadas o con poca sombra.	Poda	Depende de la ubicación del arbusto, se realiza a finales de invierno.
Suelo	Tolera variedad de suelos, siempre y cuando no sean suelos encharcados.	Observaciones	Aplicaciones exclusivas a la jardinería debido a la vistosidad de sus flores.
Riego	Regular, dos o tres veces por semana		
Abonado	Espolvorear fertilizante granulado en el suelo.		

Husqvarna. (s.a-d).

Ficha técnica 12 Retama

Retama
Cytisus scoparius





Fuente: Recorrido en campo realizado en julio de 2023.

Familia botánica	Fabaceae	Tipo de hoja	Caducifolia
Altura	Hasta 3 metros	Plagas y enfermedades	Pulgones
Ubicación	Luz solar directa	Poda	Eliminar las ramas que se encuentran en mal estado durante el invierno.
Suelo	Exterior, en un lugar bien drenado y de ser posible, rico en arena.	Observaciones	Utilizada para fabricar escobas. Funge como planta medicinal.
Riego	Constante (especialmente cuando hace calor)		
Abonado	Añadirlo después de la poda durante el invierno.		

Fuente: Durán, 2017.

Ficha técnica 13 Romero

Romero *Salvia rosmarinus*			
 			
Fuente: Recorrido en campo realizado en julio de 2023.			
Familia botánica	Lamiaceae	Tipo de hoja	Perenne
Altura	50 a 150 metros	Plagas y enfermedades	Alternaria spp. Puntos negros en las hojas del romero. Cochinilla: Bichos blancos en el romero. Araña roja en las hojas del romero.
Ubicación	Luz directa del sol	Poda	4 o 6 semanas antes de que empiecen las heladas, posteriormente después de que llegan las heladas.
Suelo	Suelos fértiles arenosos y arcillosos con un pH cercano a 7 y excelente drenaje.	Observaciones	Arbusto muy aromático
Riego	Temporada fría: una vez por semana Temporada cálida: dos veces por semana		
Abonado	Con tierra fértil, en primavera y verano se pueden abonar de forma mensual.		

Fuente: Cocina delirante, s.a.

Ficha técnica 14 Rosal

Rosal
Rosa spp.



Fuente: Recorrido en campo realizado en julio de 2023.

Familia botánica	Rosáceas (Rosaceae)	Tipo de hoja	Caducifolia
Altura	2-5 metros.	Plagas y enfermedades	Hongos, pulgones y cochinillas.
Ubicación	Exposición soleada (exterior)	Poda	Realizar en el mes de marzo, y posteriormente que haya pasado la época fría, especialmente las heladas.
Suelo	Rastrillar o binar la superficie una vez al mes, se aireará el suelo y penetrará el agua hasta las raíces.	Observaciones	Su función principal es el ornamento.
Riego	Abundante en época de floración		
Abonado	En primavera		

Fuente: Jardinatis, s.a.

Viburno
Viburnum lucidum





Fuente: Recorrido en campo realizado en julio de 2023.

Familia botánica	Adoxacea	Tipo de hoja	Perenne
Altura	2.5 metros	Plagas y enfermedades	Pulgón, la cochinilla y la araña roja. Hongos Phytophthora.
Ubicación	Se adapta con facilidad a casi cualquier zona. Aconsejable que les de mucha luz, con un poco de sombra.	Poda	Todo el año cada 20 días.
Suelo	Cualquier tipo de carácter fértil.	Observaciones	Por su follaje denso se puede establecer en grandes jardines. Rápido crecimiento.
Riego	Primavera-verano: 3 veces por semana. Otoño-invierno: 2 veces por semana.		
Abonado	Fertilizantes ricos en nitrógeno, fósforo y micronutrientes, es importante fertilizarlo durante su crecimiento, desde el inicio de la primavera hasta el inicio del verano.		

Fuente: Mula, s.a.

Ficha técnica 16 Boj

Boj *Buxus sempervirens*			
			
Fuente: Recorrido en campo realizado en julio de 2023.			
Familia botánica	Buxaceae	Tipo de hoja	Perenne
Altura	10 metros.	Plagas y enfermedades	Tizón de fuego, quemadura de hojas, manchas marrones, Insectos chupadores de savia, falta de riego.
Ubicación	Semisombra.	Poda	Permite la creación de figuras.
Suelo	Ligeramente calizos o neutros	Observaciones	Soporta las diferentes calamidades climáticas. Lento crecimiento. Resistente al viento.
Riego	Maceta: dependiendo las necesidades. Jardín: poca frecuencia. Verano: abundante.		
Abonado	Dos o tres veces durante el crecimiento.		

Fuente: Ruiz, 2023.